



João Pedro Mira Salgado

Aplicação do Controlo Estatístico do Processo numa Indústria Panificadora

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador : Doutor José Fernando Gomes Requeijo, Professor
Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Uni-
versidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado, Profes-
sora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universi-
dade Nova de Lisboa

Vogal: Doutor Amílcar Manuel do Rosário Oliveira, Professor Auxiliar da
Universidade Aberta



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro, 2012

Aplicação do Controlo Estatístico do Processo numa Indústria Panificadora

Copyright © João Pedro Mira Salgado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais, por serem o meu exemplo de vida

Agradecimentos

A realização do presente trabalho só foi possível devido à colaboração e apoio de diversas pessoas, pelo que aqui lhes expresso o meu obrigado.

Ao meu orientador, Professor José Requeijo, por ter tornado possível a realização da dissertação. A sua orientação científica e as suas recomendações ao longo do trabalho foram fator determinante à sua realização.

À empresa Panificadora Modelo de Carnide, mais concretamente ao senhor Fernando José Lopes, agradeço por ter consentido a realização do trabalho, e prestado toda a ajuda possível para que tivesse as melhores condições de trabalho dentro do possível.

A todos os trabalhadores envolvidos no fabrico do pão, que se mostraram sempre prestáveis em todas as situações.

Aos Professores Rui Novais e Fernando Alves, que apesar de não estarem inseridos na temática desenvolvida, fizeram um grande esforço no sentido de me ajudar a melhorar a dissertação.

À minha família, pelo seu apoio ao longo de todo este trabalho, e por terem tornado possível a realização do mesmo, pois sem ela nunca teria aqui chegado. A ela devo tudo o que tenho na vida.

À Diana Meixedo, por toda a motivação e ajuda prestada nos momentos mais difíceis. A si também se deve e muito a realização deste trabalho.

Finalmente, um agradecimento a todos os meus amigos, por todas as palavras de incentivo transmitidas.

Resumo

Atualmente o tema Qualidade é uma realidade em todas as empresas, permitindo-lhes não só produzir melhores produtos, como também a um custo menor. Mas nem todas as empresas têm capacidade de investir no melhoramento de todas as vertentes da Qualidade.

É de interesse para as organizações a implementação de ferramentas da qualidade que permitam avaliar a qualidade dentro duma empresa com poucos meios para desenvolver medidas que visem a melhoria da qualidade dos seus processos e produtos. Surgiu então a oportunidade de desenvolver o trabalho na Panificadora Modelo de Carnide, enquadrando-se no tipo de empresa pretendido.

As cartas de controlo, ferramenta poderosa no que ao controlo estatístico de processos diz respeito, permitem analisar e melhorar um importante aspeto da Qualidade nos processos de produção, a sua variabilidade. As cartas de controlo têm sido alvo de estudo por diversos autores, levando ao aparecimento de novas cartas de controlo ao longo dos anos, cartas estas que cada vez mais se adaptam às situações concretas inerentes à indústria nos dias de hoje.

A presente dissertação consiste na aplicação de cartas de controlo nos processos de fabrico da Panificadora Modelo de Carnide, mais concretamente das cartas \bar{X} e S na Fase 1 do controlo estatístico, e das cartas Z e W na Fase 2. Para um produto com produção irregular optou-se por aplicar as cartas $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$. Verificou-se também o interesse de se proceder à monitorização do processo recorrendo adicionalmente a cartas de controlo especiais, como sejam as cartas CUSUM e EWMA.

A aplicação das cartas de controlo revelou que todos os processos apresentam capacidade para produzir dentro das especificações técnicas. No entanto, para que tal aconteça, a empresa opera com valores médios bastante superiores ao limite inferior de especificação, pelo que se propõe medidas que visam a redução da variabilidade nos processos.

Palavras-chave: Qualidade, SPC, Cartas de Controlo, Indústria Panificadora

Abstract

Nowadays Quality theme is a reality in every companies, allowing them not only produce better products, but also at a lower cost. But not every company have capacity or necessity to invest in the improvement of every Quality aspects.

It is interesting to implement Quality tools that allows to evaluate the Quality inside a company that had few resources to implement measures in order to improve the Quality in the company. Then came the opportunity to develop the work in *Panificadora Modelo de Carnide*, which fit the type of company intended.

The control charts, powerful tool for the statistic control of processes, allows to analyze and improve an important Quality aspect in production processes, the variability. Control charts have been target of study by several authors, which led to emergence of new control charts over the years, these charts that nowadays are more and more adapted to concrete situations in industry.

This dissertation involves the application of control charts in *Panificadora Modelo de Carnide* processes, more specifically the \bar{X} and S charts in Phase 1 of statistic control, and Z and W charts in Phase 2. For a product with irregular production the option is to apply $Q(\bar{X})$ and $Q(S^2)$ charts. Finally, it is verified the interest in monitoring the process by additionally apply special control charts, CUSUM and EWMA.

This control chart application revealed that all the processes show capability to produce between technical specifications. However, to happen this, the company operates with values well above the lower specification limit, so that are proposed measures that aimed the reduction of the processes variability.

Keywords: Quality, SPC, Control Charts, Bakery Industry

Índice de Matérias

1	Capítulo 1	1
1.1	Introdução	1
1.2	Enquadramento do Tema	1
1.3	Objetivos	2
1.4	Estrutura da Dissertação	3
2	Capítulo 2	5
2.1	Introdução	5
2.2	Definição de Qualidade, e sua Evolução Histórica	5
2.3	Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico de Processos	8
2.4	Cartas de Controlo	10
2.4.1	Processo de Construção das Cartas de Controlo	11
2.4.2	Medidas de Desempenho das Cartas de Controlo	13
2.4.3	Recolha de Dados	14
2.4.3.1	Subgrupos Racionais	14
2.4.3.2	Dimensão das Amostras e Frequência de Amostragem	15
2.4.4	Regras para Detecção de Causas Especiais	15
2.4.5	Tipos de Cartas de Controlo	16
2.4.6	Cartas de Controlo de Variáveis	17
2.4.6.1	Média e Desvio Padrão (Fase 1)	17
2.4.7	Outros Tipos de Cartas de Controlo de Variáveis – Resumo e Aplicações	18
2.4.8	Estimação dos Parâmetros do Processo	19
2.4.9	Condições de Utilização das Cartas de Controlo	19
2.4.9.1	Aleatoriedade dos Dados	20
2.4.9.2	Normalidade dos Dados	20
2.4.9.3	Independência dos Dados	20
2.5	Capacidade do Processo	21

2.5.1	Índices de Capacidade do Processo para Dados Normalmente Distribuídos	21
2.5.2	Índices de Capacidade do Processo para Dados não Normais	23
2.6	Controlo Estatístico de Pequenas Produções	23
2.6.1	Cartas de Controlo de Variáveis	24
2.6.2	Cartas de Controlo Z e W	24
2.6.2.1	Cartas de Controlo da Média e do Desvio Padrão	25
2.6.2.2	Capacidade dos Processos	26
2.6.3	Cartas de Controlo Q	27
2.6.3.1	Cartas Q para a Média e a Variância	27
2.6.3.2	Capacidade do Processo	28
2.7	Cartas de Controlo Especiais	29
2.7.1	Cartas CUSUM	29
2.7.2	Cartas EWMA	31
3	Caracterização da Empresa	33
3.1	A Empresa	33
3.2	Organização	34
3.3	Processo Produtivo	34
3.4	Produtos	38
3.5	A Qualidade na Empresa	41
4	Parte Experimental	43
4.1	Característica da Qualidade a Estudar e Fontes de Variação Associadas	43
4.2	Recolha de Dados	44
4.3	Análise dos Dados	46
4.3.1	Metodologia de Aplicação	46
4.3.2	Fase 1	46
4.3.2.1	Construção e Análise das Cartas de Controlo	46
4.3.2.2	Verificação da Normalidade dos Dados	49
4.3.2.3	Estimação dos Parâmetros e Análise de Capacidade dos Processos	51
4.3.3	Fase 2	51
4.3.4	Aplicação do SPC no Pão da Avó Comprido	54
4.3.5	Aplicação das Cartas CUSUM e EWMA	55
5	Conclusões e Recomendações	59
5.1	Conclusões do Estudo	60
5.2	Recomendações	62
5.3	Sugestões para Trabalhos Futuros	62
6	Anexos	69

A	Cartas da Fase 1	71
B	Verificação de padrões não aleatórios	77
C	Verificação da Normalidade	81
D	Cartas Z e W	85
E	Cartas CUSUM	91
F	Cartas EWMA	95
G	Determinação de Constantes	99
H	Pesagens da Fase 1	107
I	Pesagens da Fase 2	117
J	Pesagens do pão da avó comprido	127

Índice de Figuras

2.1	Esquema ilustrativo de uma carta de controlo	11
2.2	Zonas a considerar nas cartas de controlo	16
3.1	Vista Exterior da Panificadora Modelo de Carnide	33
3.2	Esquema do modelo aproximadamente geral do processo produtivo . . .	35
3.3	Massadeira	35
3.4	Balança e Divisora, respetivamente	36
3.5	Mesa de Trabalho	36
3.6	Tabuleiros	37
3.7	Forno	37
3.8	Produto Final	38
3.9	Bolinha	38
3.10	Carcaça	39
3.11	Viana	39
3.12	Pão Integral Grande	40
3.13	Pão Integral Pequeno	40
3.14	Baguete de Cereais	40
3.15	Pão da Avó Comprido	41
4.1	Balança <i>Kern 440</i>	45
4.2	Cartas de Controlo \bar{X} e S obtidas	47
4.3	Cartas de Controlo \bar{X} e S obtidas, após eliminação dos pontos fora de controlo	48
4.4	Determinação da existência de padrões não aleatórios na carta \bar{X}	48
4.5	Determinação da existência de padrões não aleatórios na carta S	49
4.6	Determinação do valor de d	50
4.7	Carta de Controlo Z para o fabrico de "bolinhas"	53
4.8	Carta de Controlo W para o fabrico de "bolinhas"	53
4.9	Carta de Controlo $Q(\bar{X})$ para o fabrico de "pão da avó comprido"	55

4.10	Carta de Controlo $Q(S^2)$ para o fabrico de "pão da avó comprido"	55
4.11	Carta de Controlo CUSUM para o fabrico de "bolinhas"	56
4.12	Carta de Controlo EWMA para o fabrico de "bolinhas"	56
A.1	Carta da fase 1 - Carcaça (com causas especiais de variação)	71
A.2	Carta da fase 1 - Carcaça (sem causas especiais de variação)	72
A.3	Carta da fase 1 - Vianas (com causas especiais de variação)	72
A.4	Carta da fase 1 - Vianas (sem causas especiais de variação)	73
A.5	Carta da fase 1 - Integral Grande (com causas especiais de variação)	73
A.6	Carta da fase 1 - Integral Grande (sem causas especiais de variação)	74
A.7	Carta da fase 1 - Integral Pequeno (com causas especiais de variação)	74
A.8	Carta da fase 1 - Integral Pequeno (sem causas especiais de variação)	75
A.9	Carta da fase 1 - Baguete de Cereais (com causas especiais de variação) . . .	75
A.10	Carta da fase 1 - Baguete de Cereais (sem causas especiais de variação) . . .	76
B.1	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Carcaças	77
B.2	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Carcaças	78
B.3	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Vianas	78
B.4	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Vianas	78
B.5	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Integral Grande	79
B.6	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Integral Grande	79
B.7	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Integral Pequeno	79
B.8	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Integral Pequeno	80
B.9	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Baguete de Cereais . . .	80
B.10	Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Baguete de Cereais . . .	80
C.1	Análise da Normalidade dos dados - Carcaças	81
C.2	Análise da Normalidade dos dados - Vianas	82
C.3	Análise da Normalidade dos dados - Integral Grande	82
C.4	Análise da Normalidade dos dados - Integral Pequeno	83
C.5	Análise da Normalidade dos dados - Baguete de Cereais	83
D.1	Carta Z - Carcaça	86
D.2	Carta W -Carcaça	86
D.3	Carta Z - Vianas	87
D.4	Carta W - Vianas	87
D.5	Carta Z - Integral Grande	88
D.6	Carta W - Integral Grande	88
D.7	Carta Z - Integral Pequeno	89
D.8	Carta W - Integral Pequeno	89
D.9	Carta Z - Baguete de Cereais	90
D.10	Carta W - Baguete de Cereais	90

E.1	Carta CUSUM - Carcaças	91
E.2	Carta CUSUM - Vianas	92
E.3	Carta CUSUM - Integral Grande	92
E.4	Carta CUSUM - Integral Pequeno	92
E.5	Carta CUSUM - Baguete de Cereais	93
F.1	Carta EWMA- Carcaças	95
F.2	Carta EWMA- Vianas	96
F.3	Carta EWMA- Integral Grande	96
F.4	Carta EWMA- Integral Pequeno	96
F.5	Carta EWMA- Baguete de Cereais	97
G.1	Distribuição da estatística D(Lilliefors)	100
G.2	Fatores para cartas de Controlo	101
G.3	Ábacos para as Cartas CUSUM	102
G.4	Ábacos para as Cartas CUSUM	103
G.5	Ábacos para as Cartas CUSUM	104
G.6	Ábacos para as Cartas CUSUM	105
G.7	Ábacos para as Cartas EWMA	106
G.8	Ábacos para as Cartas EWMA	106

Índice de Tabelas

2.1	Cartas tradicionais mais utilizadas para o controlo de variáveis e para o controlo de atributos	17
2.2	Limites das cartas para controlo de variáveis	18
2.3	Diferentes situações em que são utilizadas as cartas de controlo de variáveis	19
2.4	Estimação dos parâmetros do processo	19
2.5	Grupos distintos de cartas de controlo de variáveis para pequenas produções	24
2.6	Condições necessárias para que um processo seja capaz	26
4.1	Resumo de todos os valores necessários à verificação da normalidade . . .	50
4.2	Resumo da estimação dos parâmetros e cálculo do índice de Capacidade $(C_{pk})_I$	51
4.3	Tabela resumo das as ocorrências de causas especiais verificadas para os processos associados aos diferentes tipos de pão	54
4.4	Tabela resumo das ocorrências de alteração nos processos associados aos diferentes tipos de pão, nas cartas CUSUM e EWMA	57
H.1	Resultados das pesagens da Fase 1	108
I.1	Resultados das pesagens da Fase 2	118

Lista de Abreviaturas e Símbolos

A_2, A_3 - Fatores para construção das cartas de controlo de variáveis

ARL - "Average Run Length"

$ARL_{EmControlo}$ - ARL quando o processo se encontra sob controlo estatístico

$ARL_{ForadeControlo}$ - ARL quando o processo não se encontra sob controlo estatístico

B_3, B_4 - Fatores para construção das cartas de controlo de variáveis

c_4 - Fator para construção das cartas de controlo de variáveis

C_p - Índice de capacidade potencial do processo

C_{pk} - Índice de capacidade do processo

$(C_{pk})_I, (C_{pk})_S$ - Índices de capacidade de processo inferior e superior

C_{pm} - Índice de capacidade potencial corrigido pelo desvio da média em comparação com o valor nominal

C_{pmk} - Índice de capacidade corrigido pelo desvio da média em comparação com o valor nominal

C_t - Variável na construção da carta CUSUM

$CUSUM$ - "Cumulative Sum Control Chart"

D - Estatística de teste de Kolmogorov-Smirnov

D_3, D_4 - Fatores para construção das cartas de controle variáveis

d_2 - Fator para construção das cartas de controle variáveis

$D_{Crítico}$ - Valor crítico para o teste de Kolmogorov-Smirnov

E_t - Valor da estatística EWMA, no instante t , para o controle da média do processo

$EU A$ - Estados Unidos da América

$EWMA$ - "*Exponentially Weighted Moving Average*"

$FAC, FACP$ - Função de auto-correlação, Função de Auto-correlação parcial

$F_{\alpha; \nu_1; \nu_2}$ - Percentil à direita, para uma probabilidade α , da distribuição de Fisher com ν_1 e ν_2 graus de liberdade

G_ν - Função de distribuição *t-student* com ν graus de liberdade

h - Parâmetro utilizado no cálculo dos limites de controle na carta CUSUM

ISO - "*International Organization for Standardization*"

k - Valor de referência das cartas CUSUM

K - Fator para a construção das cartas EWMA

LC - Limite central

LIC, LSC - Limites Inferior e Superior de controle

LIE, LSE - Limites Inferior e Superior de especificação

\tilde{M} - Mediana

MR - Amplitude Móvel

m - Número de amostras

\min - Valor mínimo

N - Número de dados

n - Dimensão da amostra

N_C, N_T - Número de períodos consecutivos em que T e C são diferentes de zero

p - Probabilidade ou Proporção de unidades não conformes

PME - Pequena e Média Empresa

$Q_i(X_i), Q_i(S_i^2)$ - Estatística Q dada pela transformação de X_i e de S_i^2

$(Q_I)_j, (Q_S)_j$ - Índices de capacidade inferior e superior no produto j , utilizando-se cartas Q

R - Amplitude Amostral

\bar{R} - Média das amplitudes amostrais

RSM - Metodologia da superfície de respostas

S - Desvio padrão amostral

S_i - Desvio padrão da amostra i

S^2 - Variância amostral

S_i^2 - Variância da amostra i

SPC - Controlo estatístico do processo

TQM - "Total Quality Management"

T_t - Variável na construção da carta CUSUM

X - Característica da qualidade

\bar{X} - Média amostral

$\bar{\bar{X}}$ - Média das médias de amostras

X_{ij} - Observação no instante i do produto j

Y_t - Valor da variável y no instante t

Z - Variável normal reduzida

$(Z_I)_j, (Z_S)_j$ - Índices de capacidade inferior e superior no produto j , utilizando-se cartas Z

α - Nível de significância, risco do tipo I

β - Risco do tipo II

$\chi^2_{\alpha;\nu}$ - Percentil à direita da distribuição do Qui-quadrado com ν graus de liberdade, e um nível de significância α

ϕ^{-1} - Inverso da função de distribuição Normal

μ - Média do processo

$\hat{\mu}$ - Estimador da média do processo

ν - Número de graus de liberdade

σ - Desvio padrão do processo

$\hat{\sigma}$ - Estimador do desvio padrão do processo

σ^2 - Variância do processo

ω - Estatística de uma carta de controle

θ - Parâmetro utilizado na construção das cartas $Q(S^2)$

Δ, δ - Parâmetros utilizados na construção das cartas CUSUM

λ - Constante de Amortecimento utilizada na carta EWMA



Capítulo 1

1.1 Introdução

O aumento gradual da competitividade nos diferentes mercados, fruto da globalização e de rápidos avanços tecnológicos, bem como, de um grau de exigência cada vez maior por parte dos clientes, tem levado as mais variadas indústrias a aumentar a preocupação com a qualidade dos seus produtos. Perante uma maior oferta de produtos/serviços do mesmo tipo, torna-se fundamental que os processos produtivos operem com valores de variabilidade mínimos, quer seja para melhorar a qualidade do produto, quer seja para eliminar eventuais desperdícios de material. Surgiu assim a necessidade da aplicação de métodos estatísticos como ferramenta de auxílio à avaliação e melhoramento da Qualidade, pois estes métodos permitiam aprofundar o estudo relativo à variabilidade nos processos produtivos. Como tal, durante o século XX verificou-se um grande desenvolvimento, evidenciando-se cada vez mais a sua importância no apoio às indústrias.

Dentro das diversas ferramentas baseadas em métodos estatísticos encontra-se o Controlo Estatístico do Processo (SPC), ferramenta que tem vindo a ganhar grande importância. O SPC, através de cartas de controlo estatístico, permite monitorizar o comportamento do processo, verificar se este é capaz de produzir de acordo com a sua especificação e reduzir a sua variabilidade.

1.2 Enquadramento do Tema

O recurso a ferramentas que visem melhorar a Qualidade já não é apenas um privilégio das grandes empresas. Segundo Juran, no início do século XX a qualidade já era uma preocupação nas pequenas fábricas, nas quais os proprietários já faziam planeamento de

qualidade, treino de operários e verificação de resultados.

No entanto, ao contrário de empresas de maior dimensão que têm preocupações ao nível da Qualidade em toda a sua extensão e que recorrem a ferramentas de qualidade cada vez mais sofisticadas, na maioria das pequenas indústrias as ferramentas da qualidade imaginam-se como algo demasiado complexo de ser aplicadas, o que acaba por ser verdade tendo em conta os recursos disponíveis. A não ser que esteja a ser equacionado o crescimento da indústria em questão, os investimentos feitos no sentido de melhorar a qualidade dos produtos acaba por ser apenas o indispensável à sua sobrevivência.

É neste contexto empresarial que se enquadra a Panificadora Modelo de Carnide, empresa na qual foi desenvolvido o presente trabalho. Sediada em Carnide, esta panificadora tem à sua disposição duas fábricas, em Carnide e em Odivelas e, dedica-se exclusivamente à padaria e pastelaria. No seu processo produtivo existe uma grande dependência na mão-de-obra dos trabalhadores, no que à qualidade dos produtos diz respeito, o que indicia irregularidades relativamente à variabilidade dos produtos fabricados. O controlo de qualidade efetuado é apenas sensorial, e os poucos estudos feitos aos produtos são efetuados por empresas externas para verificar se estes cumprem os requisitos legais.

Torna-se assim interessante efetuar um estudo numérico que permita avaliar a qualidade dos produtos saídos duma das linhas de produção da Panificadora. Devido à dificuldade em analisar outras variáveis em questão, escolheu-se o peso como variável a ser estudada, pois para além de ser viável a sua medição, é uma variável que permite analisar a variabilidade dos processos com exatidão. Para tal recorreu-se ao SPC, que vai de encontro ao pretendido, permitindo detetar causas especiais de variação e consequentemente diminuir a mesma.

1.3 Objetivos

O principal objetivo da presente dissertação é a aplicação das diferentes ferramentas do SPC numa indústria panificadora, com o intuito de monitorizar a qualidade dos produtos. Foram selecionados sete tipos diferentes de pão para realizar o estudo proposto. Em primeira instância pretende-se analisar a normalidade dos dados, verificar a sua estabilidade, determinar os parâmetros dos processos e avaliar a sua capacidade em produzir de acordo com as suas especificações técnicas, seguido da monitorização dos mesmos, numa segunda fase do trabalho, de modo a identificar a existência de possíveis causas especiais. Caso estas sejam identificadas, serão eliminadas com o objetivo de reduzir a variabilidade nos processos.

Associado a este tipo de estudo está a construção de diferentes tipos de cartas de controlo. Pretende-se assim, depois de analisadas as diferentes condições relacionadas com a disponibilidade de cada produto, construir o tipo de cartas de controlo mais adequado para os mesmos.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos distintos.

No primeiro capítulo, o capítulo atual, é feita uma introdução geral do trabalho desenvolvido. É explicado como se proporcionaram as matérias aqui abordadas, em que medida estas se enquadram no trabalho prático e o que levou à sua realização, e quais os principais objectivos.

No segundo capítulo, Enquadramento Teórico, são abordados todos os conceitos teóricos e métodos indispensáveis à realização da parte prática da dissertação. Inicialmente é feita uma breve abordagem à definição de Qualidade, e a evolução da Qualidade ao longo dos anos. É abordado o SPC como importante metodologia ao melhoramento de qualidade nas empresas, e a sua principal ferramenta, as cartas de controlo. São enunciados os pressupostos necessários à construção das cartas de controlo, e são explicados os procedimentos e utilidade dos diferentes tipos de cartas abordados na presente dissertação.

No terceiro capítulo, Caracterização da Empresa, é apresentada a empresa na qual foi desenvolvida a dissertação, dando especial foco à sua história, estrutura organizacional, processo produtivo, produtos fabricados e preocupações da mesma com a Qualidade.

No quarto capítulo, Parte Experimental, é escolhida a característica da Qualidade a ser estudada, são enunciados os procedimentos utilizados para aplicar o Controlo Estatístico de Processos nos processos produtivos da empresa e os resultados obtidos da sua aplicação.

No quinto e último capítulo, Conclusões e Recomendações, são apresentadas as conclusões do estudo efetuado na empresa, recomendações destinadas à empresa para que esta possa melhorar os seus processos produtivos e sugerem-se trabalhos a desenvolver.



Capítulo 2

2.1 Introdução

O presente capítulo tem como principal objetivo a descrição de todos os fundamentos teóricos necessários à aplicação do SPC na Panificadora Modelo de Carnide.

Inicialmente são apresentadas as várias definições associadas ao conceito Qualidade, e como esta se tem desenvolvido e ganho relevância como fator fundamental à sobrevivência das empresas no atual contexto de alta competitividade.

Depois, é enquadrado o SPC na temática da Qualidade, e é demonstrada a sua importância e utilidade na mesma. São também referidas as ferramentas que servem de apoio ao Controlo Estatístico de Processos, destacando-se as cartas de controlo das restantes.

Finalmente, são abordadas todas as cartas de controlo que serviram de apoio à aplicação do SPC na realização deste trabalho, indicando todos os pressupostos e equações matemáticas inerentes à utilização das mesmas.

2.2 Definição de Qualidade, e sua Evolução Histórica

Nos dias de hoje, o conceito de Qualidade é um tópico de grande interesse, sendo abordado em várias publicações e seminários (Reeves e Bednar, 1994). Numa pesquisa na década de 1990, os executivos classificaram a melhoria da qualidade nos serviços e produtos como o desafio mais crítico no mercado Norte Americano (Zeithaml et al., 1990). A Qualidade tem sido descrita como "a força de liderança mais importante ao crescimento económico das empresas em mercados internacionais" (Feigenbaum, 1982).

A Qualidade é alvo de diferentes definições por parte dos autores. Tem sido definida como: valor (Abbott, 1955; Feigenbaum, 1951), conformidade às especificações

(Gilmore, 1974; Levitt, 1972), conformidade aos requisitos (Crosby, 1979), aptidão ao uso (Juran e Gryna, 1988), prevenção de perdas (Ross, 1989), e ir ao encontro e/ou exceder as expectativas dos clientes (Gronroo, 1983; Parasuraman et al., 1985). Segundo Juran (1997), de todas as definições relativamente à palavra "qualidade", duas são de grande importância para os gestores: características do produto, e ausência de defeitos. Aos olhos dos clientes, quanto melhores as características do produto e menos deficiências este tiver, melhor é a sua qualidade.

A Qualidade tornou-se num dos principais fatores de decisão de determinado produto ou serviço, tendo-se a sua compreensão e melhoria tornado fatores chave que conduzem ao sucesso do negócio (Montgomery, 2005). Este presente entusiasmo com a qualidade pode-nos levar ao erro de a considerar como um tema recente (Wilkinson et al., 1998). No entanto, as preocupações com a qualidade já eram visíveis em civilizações tão antigas como a Egípcia, a Grega ou a Romana (Pires, 2004).

Nos primórdios da civilização, o Homem já tinha o cuidado em construir ferramentas com os materiais e dimensões adequadas para a sua função. Mais tarde, com o aparecimento das primeiras populações surgiram os artesãos, que além de identificar as necessidades dos clientes, executavam também tarefas ao nível da concepção, execução, inspeção, venda e assistência pós-venda de produtos, sendo que este conceito de comercialização prevaleceu durante algum tempo (Pereira e Requeijo, 2012).

Com o crescimento dos aglomerados populacionais a procura aumentou substancialmente, e a necessidade de gerar uma oferta que se adequasse à procura verificada desencadeou a Revolução Industrial na Europa, no século XVIII, surgindo assim as primeiras fábricas. A gestão da Qualidade estava nesta fase ao cargo de inspetores contratados pela produção (Pereira e Requeijo, 2012). Aparece por esta altura uma das primeiras referências ao controlo de qualidade num relatório de Alexander Amilton, o então secretário da tesouraria na Câmara dos Deputados dos Estados Unidos em 1791 (Syrett, 1966).

No século XIX a Revolução Industrial já se encontrava à escala global, e a produção em massa era uma realidade. Os produtos eram produzidos conforme determinadas especificações, sendo que se considerava um produto com qualidade quando este se encontrava dentro das especificações estabelecidas. Nesta altura, a Qualidade ainda era apenas verificada através da inspeção dos produtos acabados, visto ser considerado o método mais económico (Mast, 2008).

Simultaneamente ao desenvolvimento da produção em massa, apareceram como disciplinas a Estatística Industrial e a Qualidade na Engenharia. Em 1908, William Gosset publicou sob o pseudónimo de "*Student*" um artigo no qual estabelece as bases do t-teste (Braverman, 1981), que veio a influenciar personalidades como Ronald Fisher, Egon Pearson e Jerzy Neyman a trabalhar em instrumentos que permitissem a realização de experiências comparativas tais como os testes de hipóteses, análise de variâncias e regressões (Mast, 2008).

Durante a 1ª Guerra Mundial (1914-1918), gigantescos departamentos de inspeção

foram criados de modo a estudar as causas de inúmeras falhas nos equipamentos militares, tendo-se percebido que a falta de cumprimento das especificações seria uma destas. Esta fase da Qualidade ficou conhecida por *Inspeção* (Pereira e Requeijo, 2012).

Porém, devido à forte concorrência entre empresas que já se verificava nesta altura, este tipo de inspeção rapidamente se revelou dispendiosa e morosa, surgindo assim a necessidade de se efetuar a inspeção com base em amostras. Esta abordagem era no entanto arriscada, fruto do erro ao qual estava associada (Gomes, 2004).

Nesse sentido Harold Dodge, em 1930, publica tabelas que permitem relacionar a dimensão da amostra e o risco para o consumidor e para o produtor a ela associado. Seguidamente em 1931, Shewart contribui com importantes desenvolvimentos relativamente às cartas de controlo (Shewart, 1931), na medida em que as torna capazes de diferenciar causas comuns de variação e causas especiais de variação (Mast, 2008).

Mais tarde, durante a II Guerra Mundial (1939-1945), a necessidade de segurança e uniformidade nos equipamentos militares originou a adoção de novas formas de gestão da produção com base na normalização e elaboração de especificações técnicas, entre outros. Programas de treino foram estabelecidos pelas empresas e por organizações governamentais, focados no uso do controlo estatístico do processo na indústria e tópicos como as cartas de controlo e planos de aceitação de amostras foram ensinados (Wadsworth et al., 1985).

Terminada a 2ª Guerra Mundial verificaram-se inúmeros desenvolvimentos na Qualidade, especialmente nos Estados Unidos da América (EUA) e Japão. Nos EUA foi fundada, em 1946, a prestigiada American Society for *Quality Control*. Já na década de 1950, começou-se por dar atenção ao desempenho dos produtos ao longo do tempo, foi criado um Departamento de Controlo da Qualidade em várias empresas, e, finalmente, foi introduzido por Armand Feigenbaum o conceito de Qualidade Total, descentralizando a responsabilidade pela Qualidade por toda a organização. No Japão, por sua vez, é de salientar a oferta de programas de formação em controlo da Qualidade por parte de três organizações, em 1946, sendo que uma delas, a JUSE, convidou Edward Deming e Joseph Juran a conduzir seminários, que viriam a influenciar as empresas japonesas a incorporar os princípios da Qualidade em todos os níveis da organização, obtendo resultados muito positivos quer ao nível da qualidade quer ao nível do custo dos produtos (Pereira e Requeijo, 2012).

Neste período pós Guerra verificou-se também um grande desenvolvimento nos métodos estatísticos. Em 1951, Box e Wilson introduziram a teoria da Metodologia da Superfície de Resposta (RSM) (Box e Wilson, 1951), que explora as relações entre diversas variáveis explicativas e uma ou mais variáveis de resposta. Kaoru Ishikawa desenvolveu sete ferramentas básicas de Qualidade, entre elas o histograma, o gráfico de Pareto e o diagrama causa-efeito. Por sua vez, Genichi Taguchi, que considerava qualquer desvio do objetivo como perda de Qualidade, desenvolveu uma metodologia distinta para o desenho de produtos e de processos (Mast, 2008).

Na década de 1970 os Japoneses começaram a deixar a sua marca nos mercados mundiais com os seus produtos, que se caracterizavam por ser mais baratos, com menos defeitos, mais seguros e com uma duração superior aos produtos já existentes. Em 1979, Philip Crosby tentou, com grande sucesso, introduzir o conceito de zero defeitos nos EUA, através do seu livro *Quality is Free* (Crosby, 1979). Outros autores, tal como Armand Feigenbaum, alertaram para os custos provenientes de produtos sem qualidade (Feigenbaum, 1961). Na década de 1980 já se tinha espalhado pelo Mundo o conceito de Gestão pela Qualidade Total (TQM), que consiste numa estratégia de administração focada em consciencializar todos os sectores da organização pela importância da Qualidade (Mast, 2008).

A partir do final do século XX, inseridas num contexto de grande competitividade, as companhias tentam atingir cada vez mais elevados níveis de eficiência e qualidade. As margens de lucro são cada vez menores e as companhias que não tomam as precauções devidas relativamente à eficiência e qualidade, começam a perder relevo. Exemplo disso foi a Motorola, que sofreu grandes perdas no final da década de 1970. Surgiu assim a necessidade da empresa inovar do que diz respeito à Qualidade, e em consequência disso o aparecimento da estratégia Seis Sigma na década de 1980 na empresa. Com o passar dos anos a metodologia madureceu, começando a ganhar especial relevo após a sua utilização bem sucedida na General Electric, sendo hoje considerada como a última inovação no que à gestão da qualidade diz respeito (Mast, 2008).

2.3 Abordagem Tradicional do Controlo Estatístico de Processos

O controlo estatístico de processos (SPC) define-se como um conjunto de ferramentas que se destinam à resolução de problemas relacionados com a estabilidade do processo, bem como à melhoria da capacidade dos mesmos, através da redução da sua variabilidade (Montgomery, 2005). Inicialmente abordado por Shewart, em 1931, este tema veio mais tarde a despertar o interesse de vários autores, tais como Braverman (1981), Duncan (1986), Juran e Gryna (1993), Kolarik (1995), Grant e Leavenworth (1996), Doty (1996), Quesenberry (1997), Juran (1999), Ledolter e Burril (1999), Psydek (1999), Wheeler (2004), Montgomery (2005), Oakland (2008), Pereira e Requeijo (2012), entre outros.

O SPC, desde que foi reintroduzido na América corporativa por Deming na década de 1980 (Walton, 1986), tem sido implementado em diversas indústrias, não só nos EUA, como também em empresas espalhadas pelo resto do Mundo. Alguns exemplos de indústrias de manufatura são a automóvel (Dale e Shawn, 1989), abastecimento automóvel (Lascelles e Dale, 1988), fabrico de motosserras (Chen, 1991), química (Chaudhry e Higbie, 1989), eletrodomésticos (Kumar e Gupta, 1993), entre outras. Verifica-se, também, a aplicação do SPC em indústrias de serviços, tais como na saúde (Welsh, 1997), transportadoras (Brennehan e Chute, 1993), e cadeias de fast food (Apte e Reynold, 1995). Nos dias de hoje é altamente improvável excluir o SPC como sendo um dos temas principais no que à gestão de operações e gestão de qualidade diz respeito (Chase et al., 1998; Evans

e Lindsay, 1999).

Existem ferramentas de apoio à Gestão da Qualidade, como as sete ferramentas clássicas da qualidade (Doty, 1996; Kolarik, 1995):

- **Fluxograma:** representação gráfica do diagrama de processos, através do qual é possível ver os inputs, atividades e outputs pela sua ordem de ocorrência;
- **Folhas de verificação:** lista de itens inspecionados, que permite facilitar a recolha de dados e a sua posterior análise quantitativa;
- **Histogramas:** resumo gráfico da variação num conjunto de dados;
- **Diagrama de Causa Efeito:** tal como o nome indica, é uma ferramenta que agrupa as causas e os efeitos de modo a mostrar as suas inter-relações;
- **Diagrama de Pareto:** mostra os fatores que mais frequentemente causam problemas de qualidade;
- **Diagrama de dispersão:** podem mostrar um único fator para mostrar uma tendência, ou dois fatores para verificar a existência de relação entre estes;
- **Cartas de Controlo:** ferramentas poderosas para identificar se uma operação ou um processo se encontra sob controlo estatístico.

O SPC tem como principal objetivo a deteção rápida de ocorrência de causas especiais de variação no processo, de modo a que este possa ser investigado e ações corretivas possam ser tomadas, o que vai permitir reduzir o fabrico de unidades não conformes. As cartas de controlo são a ferramenta que mais se adequa ao pretendido, pois permitem a monitorização do processo em tempo real, podendo também ser utilizadas para estimar os parâmetros de determinado processo e, consequentemente, a sua capacidade. Disponibilizam, ainda, informação útil para melhorar o processo (Montgomery, 2005). De acordo com Duncan (1986), Grant e Leavenworth (1996), Guh e Tannock (1999) e Montgomery (2005), se as cartas de controlo forem construídas com monitorização do processo on-line e analisadas adequadamente, elas podem conduzir a uma monitorização inteligente dos processos industriais, o que faz com que as cartas de controlo permaneçam como uma das ferramentas mais importantes do SPC.

Os fatores que podem constituir fontes de variação e que afetam a característica da qualidade são habitualmente agrupados em seis categorias: equipamento, matéria-prima, mão-de-obra, meio ambiente, métodos e metrologia. Estas fontes de variação podem provocar alterações que se manifestam a curto ou a longo prazo. Existem dois tipos de causas de variação bem distintos (Pereira e Requeijo, 2012):

- **Causas comuns:** fontes de variação que perturbam um processo que se encontra sob controlo estatístico. São causas aleatórias;

- **Causas especiais:** causas esporádicas que não se enquadram na distribuição seguida por uma característica quando o processo está sob controle estatístico. Quando se encontram presentes diz-se que o processo está fora de controle estatístico.

Um dos objetivos das cartas de controle é a distinção destes dois tipos de causas de variação de modo a prevenir uma reação exagerada ou não do processo. A distinção entre causas comuns e causas especiais é dependente do contexto, visto que uma causa comum hoje pode ser uma causa especial amanhã (Woodall, 2000).

2.4 Cartas de Controle

As cartas de controle são utilizadas para verificar a estabilidade do processo. Neste contexto, um processo diz-se sob controle estatístico se a sua distribuição de probabilidade que representa a característica da qualidade é constante ao longo do tempo. Se existirem alterações ao longo do tempo na distribuição, o processo diz-se fora de controle estatístico (Woodall, 2000).

Uma carta de controle define-se por um gráfico que mostra a evolução de uma estatística (w) ao longo do tempo, referente a uma determinada característica da qualidade. São ainda representados no gráfico os limites superior (LSC) e inferior (LIC) de controle estatístico, bem como a linha central (LC). Um processo sob controle estatístico deve ter um padrão perfeitamente aleatório no intervalo compreendido entre os limites de controle, ou seja, caso um ou mais pontos estejam fora dos limites de controle, ou caso os pontos apresentem uma tendência especial ou sistemática e não um comportamento aleatório, pode inferir-se que o processo está fora de controle estatístico, indiciando a presença de causas especiais de variação. Sempre que for detetada uma causa especial de variação esta deve ser investigada, e ações corretivas devem ser implementadas (Pereira e Requeijo, 2012).

Seja então w uma estatística da amostra que mede uma característica de interesse. Assumindo que o processo é estável, os limites de controle são limites de "previsão" ou de "tolerância" estatística para a distribuição da estatística w . Estes limites de controle são normalmente calculados para estar a três desvios padrão abaixo e acima do valor médio da estatística. Então, para $E(w) = \mu_w$ e $Var(w) = \sigma_w^2$ e assumindo que ambos os valores são conhecidos, a linha central, e os limites inferior e superior de controle podem ser calculados por:

$$LIC(w) = \mu_w + 3\sigma_w \quad (2.1)$$

$$LC(w) = \mu_w \quad (2.2)$$

$$LSC(w) = \mu_w - 3\sigma_w \quad (2.3)$$

Quando ω é uma variável normal aleatória, a probabilidade desta se encontrar acima do limite superior é de 0,00135, ocorrendo a mesma probabilidade de se encontrar abaixo do limite inferior. Assim sendo, estes limites de controlo 3-sigma implicam uma probabilidade de 0,9973 de qualquer ponto da estatística w se situar dentro dos limites de controlo (Quesenberry, 1997).

Na figura 2.1 é apresentado o esquema ilustrativo de uma carta de controlo, considerando uma estatística ω (Pereira e Requeijo, 2012).

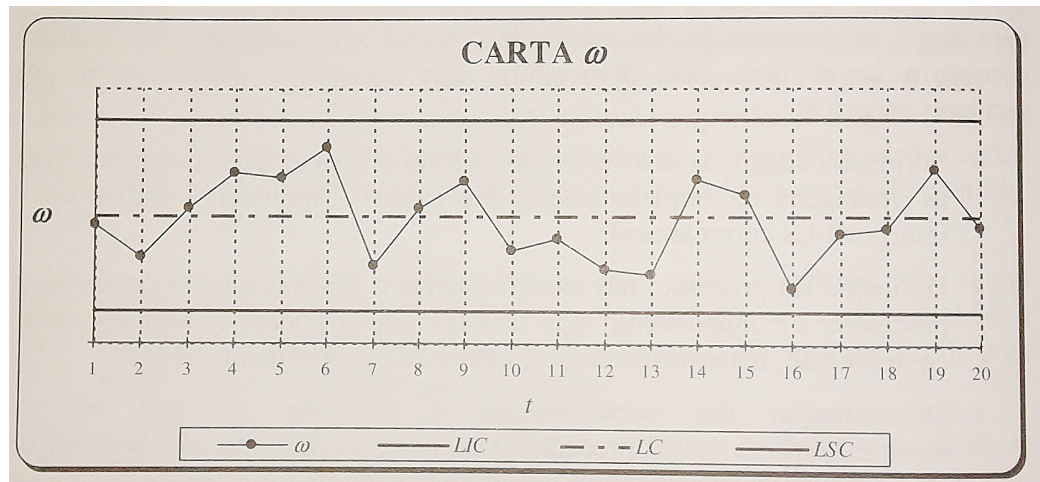


Figura 2.1: Esquema ilustrativo de uma carta de controlo

2.4.1 Processo de Construção das Cartas de Controle

O processo de construção de uma carta de controlo é habitualmente dividido em duas fases na sua implementação: Fase 1, na qual ainda se desconhecem os parâmetros do processo, e Fase 2 em que já foram estimados anteriormente os parâmetros do processo. É na Fase 1 que se recolhem os dados de modo a construir as cartas de controlo, estimar os parâmetros do processo e verificar a sua capacidade. Nesta fase, quando se verificar alguma causa especial de variação, a amostra deve ser eliminada e a carta atualizada, sendo que caso se verifiquem várias causas especiais estas devem ser investigadas e corrigidas, e devem ser recolhidos novos dados. A Fase 2 refere-se à monitorização do processo. Nesta fase sempre que se verifique uma causa especial de variação, esta deve ser investigada e devem ser estabelecidas ações corretivas (Pereira e Requeijo, 2012).

As etapas e percorrer para a construção das cartas de controlo na Fase 1 são:

1. Selecionar a característica da qualidade.
2. Elaborar um plano de controlo no qual constam a dimensão da amostra, a frequência da amostragem, o equipamento de medição e o método de medição.
3. Selecionar o tipo de carta mais adequado.

4. Recolher m amostras de dimensão n durante um determinado período de tempo, perfazendo um total de N unidades ($N = m * n$), de forma que $N \geq 100$.
5. Calcular a estatística a controle para cada uma das amostras.
6. Determinar a linha central e os limites de controle.
7. Verificar a existência de causas especiais de variação.
8. Caso se detetem causas especiais de variação, deve-se proceder à sua eliminação.
9. Determinar os novos valores para a linha central e os limites.
10. Construir a carta de controle revista.
11. Verificar se o processo se encontra sob controle estatístico, ou seja, se apresenta unicamente causas comuns de variação.

Os principais objetivos da Fase 1 são a verificação da estabilidade do processo e a estimação da sua média e da sua variância, que permitem posteriormente determinar a capacidade do processo, ou seja, é possível determinar a aptidão do mesmo produzir consistentemente dentro dos limites de especificação (Pereira e Requeijo, 2012).

Relativamente à Fase 2 as etapas a necessárias à sua construção, considerando que já foram definidos a característica, o plano de controle e o tipo de carta, são:

1. Representar no gráfico os limites de controle e a linha central definidos na Fase 1.
2. Recolher a amostra i , determinar a estatística w_i e representar o seu valor no gráfico.
3. Verificar se o valor representado corresponde a uma causa especial de variação.
4. Caso seja detetada uma causa especial de variação, identificar qual o seu motivo e implementar ações corretivas.
5. Recolher a amostra $i + 1$, calcular w_{i+1} e representar no gráfico o respetivo valor.
6. Repetir os pontos 3, 4 e 5.

Um dos autores que não concorda com esta divisão do SPC é Palm (Palm, 2000), que defende a divisão do SPC em três estados: estado A, que corresponde a uma fase retrospectiva do processo, estado B, que corresponde a uma fase de melhoria do processo, e estado C, que corresponde à fase de monitorização do processo.

2.4.2 Medidas de Desempenho das Cartas de Controle

O desempenho de uma carta de controle é comumente avaliado com base no quão frequentemente a carta de controle sinaliza um processo fora de controle (taxa de falsos alarmes), e no quão lenta é a detetar alterações específicas no processo (atraso excessivo na detecção). Para todos os efeitos o desempenho geral de uma carta de controle não pode ser melhorado, uma vez que alterar positivamente um dos fatores de desempenho irá afetar negativamente o outro (Montgomery et al., 2008).

Especificar os limites de controle é assim uma das decisões críticas que têm de ser tomadas ao construir uma carta de controle. Ao distanciar os limites de controle da linha central reduzem-se as hipóteses de se cometer um erro do tipo I – isto é, o risco de existir um ponto no gráfico para além dos limites de controle indicando uma situação fora de controle quando na verdade não existe nenhuma causa especial de variação. No entanto, ao alargar esta distância dos limites de controle em relação à linha central aumentam as hipóteses de se cometer um erro do tipo II, isto é, o risco de existir um ponto dentro dos limites de controle quando na verdade o processo se encontra fora de controle estatístico. Ao estreitar-se a distância entre os limites de controle e a linha central obtém-se um efeito oposto: a probabilidade de ocorrer um erro do tipo I aumenta, ao passo que a probabilidade de se obter um erro do tipo II diminui (Montgomery, 2005).

O ARL (*Average Run Length*) é um valor que pode ser utilizado para avaliar a performance das cartas de controle. Por definição, o ARL é o número previsto de amostras analisadas antes de aparecer um ponto fora de controle na carta de controle, ou seja (Nong, 2003):

$$ARL = 1/p \quad (2.4)$$

onde p é a probabilidade de qualquer ponto exceder os limites de controle. Se um processo estiver sob controle estatístico, mas ocorre um sinal fora de controle, então ocorreu um falso alarme. Por exemplo, considerando o gráfico \bar{X} com um desvio padrão limite de 3σ , a probabilidade de um ponto estar fora dos limites de controle quando o processo está sob controle estatístico é $p = 0,0027$. O $ARL_{EmControle}$ para o controle de \bar{X} é dado por:

$$ARL_{EmControle} = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,0027} = 370 \quad (2.5)$$

Isto é, um ponto fora de controle é previsto ocorrer a cada 370 amostras, mesmo que o processo esteja controlado. Isto indicia que um falso alarme ocorreria apenas a cada 370 amostras ou observações. Caso o processo esteja controlado estatisticamente é geralmente desejável um valor grande de ARL (Nong, 2003).

Caso o processo se encontre fora de controle é desejável um valor de ARL pequeno. Um baixo valor de ARL mostra que a carta de controle irá ter um ponto fora de controle cedo após uma alteração do processo. O $ARL_{ForadeControle}$ é dado por:

$$ARL_{ForadeControlo} = \frac{1}{1 - \beta} \quad (2.6)$$

onde β é a probabilidade de após ter ocorrido uma alteração no processo esta não ser detetada na primeira amostra. Por outras palavras, $ARL_{ForadeControlo}$ é o número previsto de amostras observadas antes de uma alteração ser detetada.

Resumindo, o $ARL_{EmControlo}$ corresponde ao conceito de falso alarme, ao passo que o $ARL_{ForadeControlo}$ corresponde ao conceito de atraso na deteção de uma anomalia (Nong, 2003).

2.4.3 Recolha de Dados

A recolha de dados é um procedimento muito importante no SPC, pois se não for realizada convenientemente pode incorrer-se no risco de se tirar conclusões erradas com as cartas de controlo. As unidades constituintes de uma amostra devem obedecer a determinados requisitos, sendo também importante a definição da dimensão da amostra e a frequência de amostragem.

2.4.3.1 Subgrupos Racionais

Uma ideia fundamental no uso de cartas de controlo é a recolha de dados de acordo com o que Shewart apelida de conceito de subgrupos racionais. Esta ideia consiste na seleção de amostras de modo a, caso existam causas especiais de variação, maximizar a hipótese de diferenças entre as diferentes amostras e minimizar a hipótese de se detetarem diferenças dentro dos subgrupos (Montgomery, 2005).

Existem dois métodos para construir subgrupos racionais. No primeiro, cada amostra consiste em unidades que foram produzidas ao mesmo tempo (ou o mais próximo possível), sendo que o ideal seria utilizar unidades de produção consecutivas. Este método é utilizado quando o principal objetivo das cartas de controlo é detetar alterações no processo, minimizando a probabilidade de ocorrer variância dentro de uma amostra devido a causas especiais, e maximizando a probabilidade de se detetarem diferenças entre os subgrupos, sendo que também fornece uma melhor estimativa do desvio padrão do processo no caso de cartas de controlo de variáveis. No segundo método, cada amostra consiste em unidades de produção representativas de todas as unidades desde que a última amostra foi retirada, ou seja, cada subgrupo é uma amostra aleatória de todos os outputs do processo no intervalo da amostra. Este método é utilizado quando as cartas de controlo têm como objetivo ajuda na decisão acerca da aceitação de todas as unidades produzidas desde a última amostra (Montgomery, 2005).

2.4.3.2 Dimensão das Amostras e Frequência de Amostragem

A definição da dimensão da amostra deve ser efetuada conforme a ordem de grandeza da alteração que se pretende detetar, visto que, conforme a dimensão da amostra aumenta, mais fácil se torna detetar pequenas alterações no processo, acontecendo o mesmo relativamente à frequência de amostragem. Geralmente a dimensão das amostras utilizadas no controlo de variáveis contínuas é relativamente pequena, sendo que no caso de controlo de médias e amplitudes é habitual a utilização de 4 ou 5 unidades. Isto acontece porque o Teorema do Limite Central define que a distribuição das médias segue uma distribuição aproximadamente Normal para amostras com dimensão igual ou superior a 4, mesmo que os seus valores individuais não sigam este tipo de distribuição. De realçar ainda que na elaboração da Fase 1 é recomendável recolher m amostras de dimensão n , perfazendo um total de N unidades ($N = mxn$), tal que $N \geq 100$ (Pereira e Requeijo, 2012).

No que respeita à frequência amostral, é recomendável que numa fase inicial de um estudo do processo se retirem amostras frequentemente, a intervalos curtos e regulares, para que se detete se o processo sofre muitas alterações, ou se mantém estável durante períodos de tempo consideráveis. Quando o processo se mantém estável, ou quando são introduzidas modificações com o objetivo de melhorar o desempenho do processo, a frequência pode diminuir (Pereira e Requeijo, 2012).

2.4.4 Regras para Detecção de Causas Especiais

Ao longo dos anos foram publicadas várias regras que permitem identificar padrões sistemáticos, sendo que com o passar dos anos estas regras não têm sofrido grandes alterações (Pereira e Requeijo, 2012). Segundo a Norma ISSO 8258:1991 devem ser consideradas 8 regras para detetar causas especiais de variação:

- **Regra 1:** Um qualquer ponto fora dos limites de ação (limites $\pm 3\sigma$).
- **Regra 2:** Nove pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central.
- **Regra 3:** Seis pontos consecutivos em sentido ascendente ou descendente.
- **Regra 4:** Catorze pontos consecutivos crescendo e decrescendo alternadamente.
- **Regra 5:** Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central.
- **Regra 6:** Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, do mesmo lado da linha central.
- **Regra 7:** Quinze pontos consecutivos na zona C.
- **Regra 8:** Oito pontos consecutivos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

Na figura 2.2, encontram-se as zonas a considerar na verificação das regras acima descritas.

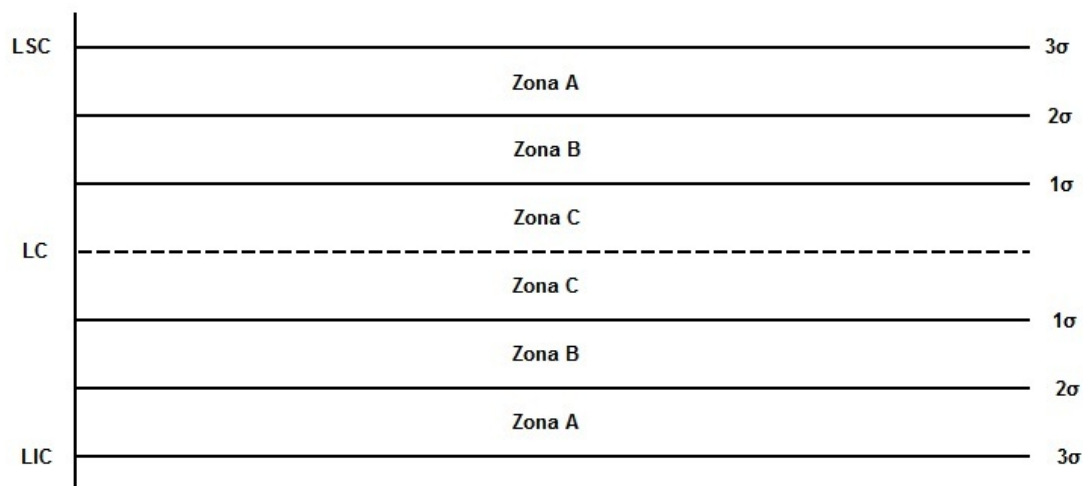


Figura 2.2: Zonas a considerar nas cartas de controlo

2.4.5 Tipos de Cartas de Controlo

Tal como existem dois tipos de dados, variáveis/contínuas e atributos/discretas, também existem dois tipos de cartas de controlo: cartas de controlo de variáveis que são utilizadas com dados contínuos, e cartas de controlo de atributos que são usadas com dados discretos (Revelle, 2004). Os dados variáveis geralmente resultam de medidas: pode ser escolhida a precisão (casas decimais) e por este motivo são por vezes chamados dados contínuos. Exemplos de dados variáveis são o comprimento, altura, tempo, volume, porosidade, concentração química e custos. Os dados atributos (também chamados dados contáveis) são baseados no facto de determinado item ter ou não um atributo, ou seja, os dados são sempre contados e, portanto, são números inteiros, sendo que por este motivo são por vezes chamados de dados discretos. Exemplos de dados atributos são os números de queixas, incêndios, acidentes, rejeições, encomendas, erros e falhas (Stapenhurst, 2005).

Na tabela 2.1 são apresentadas as cartas tradicionais mais utilizadas para o controlo de variáveis e para o controlo de atributos.

Na presente dissertação apenas foram utilizados dados contínuos na aplicação do SPC, pelo que só serão abordadas as cartas de controlo de variáveis, mais concretamente as cartas de controlo da média e do desvio padrão. No entanto, será apresentado um quadro resumo com os restantes tipos de cartas de controlo variáveis, e em que situações estas são utilizadas. A escolha recaiu sobre este tipo de cartas uma vez que segundo

Tabela 2.1: Cartas tradicionais mais utilizadas para o controle de variáveis e para o controle de atributos

Carta de Controle	
Variáveis	Atributos
Média e Amplitude Carta \bar{X} e Carta R	Proporção de unidades não conformes Carta p
Média e Desvio Padrão Carta \bar{X} e Carta S	Número de unidades não conformes Carta np
Média e Variância Carta \bar{X} e Carta S^2	Número de defeitos Carta c
Mediana e Amplitude Carta \tilde{X} e Carta R	Número de defeitos por unidade Carta u
Observações Individuais e Amplitudes Móveis Carta X e Carta MR	

(Montgomery, 2005), quando o tamanho das amostras é moderadamente grande (na presente dissertação foram utilizadas amostras de 10 unidades) as cartas de controle da média e desvio padrão são mais eficazes do que as cartas de controle da média e amplitude, uma vez que o método das amplitudes como estimador de sigma perde eficiência estatística.

2.4.6 Cartas de Controle de Variáveis

2.4.6.1 Média e Desvio Padrão (Fase 1)

Para construir este tipo de cartas são calculados inicialmente os valores da média e do desvio padrão, da amostra i , segundo as equações (Stapenhurst, 2005):

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n} \quad (2.7)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_i)^2}{n - 1}} \quad (2.8)$$

sendo n a dimensão da amostra. Calculados estes valores é possível então calcular o valor da média global ($\bar{\bar{X}}$) e o desvio padrão médio, que correspondem aos valores da linha central, ou seja:

$$LC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad (2.9)$$

$$LC_S = \bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^m S_i}{m} \quad (2.10)$$

Para calcular os limites de controlo das cartas da média e do desvio padrão utilizam-se as seguintes expressões:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} \quad (2.11)$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} \quad (2.12)$$

$$LSC_S = B_4 \bar{S} \quad (2.13)$$

$$LIC_S = B_3 \bar{S} \quad (2.14)$$

As constantes A_3 , B_3 e B_4 só dependem da dimensão da amostra e podem consultados no anexo G.2.

2.4.7 Outros Tipos de Cartas de Controlo de Variáveis – Resumo e Aplicações

Apesar de na presente dissertação não serem abordados outros tipos de cartas de controlo variáveis para a Fase 1, apresentam-se de seguida duas tabelas, uma com o resumo das equações que permitem calcular os limites das cartas de controlo de variáveis (tabela 2.2 (Pereira e Requeijo, 2012)), e outra com as diferentes situações em que estas são aplicadas (Stapenhurst, 2005):

Tabela 2.2: Limites das cartas para controlo de variáveis

		LIC	LC	LSC
Cartas \bar{X} e R Média e Amplitude	Carta \bar{X}	$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
	Carta R	$D_3 \bar{R}$	\bar{R}	$D_4 \bar{R}$
Cartas \bar{X} e S Média e Desvio Padrão	Carta \bar{X}	$\bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$
	Carta S	$B_3 \bar{S}$	\bar{S}	$B_4 \bar{S}$
Cartas \bar{X} e S^2 Média e Variância	Carta \bar{X}	$\bar{\bar{X}} - 3\sqrt{\frac{\bar{S}^2}{n}}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + 3\sqrt{\frac{\bar{S}^2}{n}}$
	Carta S^2	$\frac{\bar{S}^2}{n-1} \chi^2_{(1-\alpha/2);n-1}$	\bar{S}^2	$\frac{\bar{S}^2}{n-1} \chi^2_{\alpha/2;n-1}$
Cartas \tilde{X} e R Mediana e Amplitude	Carta \tilde{X}	$\tilde{\bar{X}} - \tilde{A}_2 \bar{R}$	$\tilde{\bar{X}}$	$\tilde{\bar{X}} + \tilde{A}_2 \bar{R}$
	Carta R	$D_3 \bar{R}$	\bar{R}	$D_4 \bar{R}$
Cartas X e MR Observações individuais e Amplitudes Móveis	Carta X	$\bar{X} - \frac{3}{d_2} \overline{MR}$	\bar{X}	$\bar{X} + \frac{3}{d_2} \overline{MR}$
	Carta MR	$D_3 \overline{MR}$	\overline{MR}	$D_4 \overline{MR}$

Tabela 2.3: Diferentes situações em que são utilizadas as cartas de controle de variáveis

Cartas \bar{X} e R Média e Amplitude	São utilizadas quando os dados podem ser agrupados logicamente, por exemplo tirar um grupo de quatro amostras de hora em hora
Cartas \bar{X} e S^2 Média e Variância	Alternativa às cartas da média e desvio padrão
Cartas \tilde{X} e R Mediana e Amplitude	É geralmente utilizada quando não se pretendem efetuar os cálculos necessários para as cartas \bar{X}
Cartas X e MR Observações individuais e Amplitudes Móveis	São utilizadas para monitorizar médias dos dados dos processos quando grupos amostrais não são apropriados

Os valores das constantes A_2 , B_3 , B_4 , D_3 , D_4 e d_2 podem ser obtidos no anexo G.2, e dependem exclusivamente da dimensão da amostra.

2.4.8 Estimação dos Parâmetros do Processo

Quando o processo se encontra sob controle estatístico, no final da Fase 1, é possível estimar os parâmetros do processo. A tabela 2.4 ilustra as fórmulas que permitem calcular os estimadores dos parâmetros dos processos, para os diferentes tipos de cartas de controle de variáveis (Pereira e Requeijo, 2012):

Tabela 2.4: Estimação dos parâmetros do processo

Carta	Média	Desvio Padrão
Cartas \bar{X} e R	$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$	$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$
Cartas \bar{X} e S	$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$	$\hat{\sigma} = \bar{S}/c_4$
Cartas \bar{X} e S^2	$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$	$\hat{\sigma} = \bar{S}^2$
Cartas \tilde{X} e R	$\hat{\mu} = \tilde{\bar{X}}$	$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$
Cartas X e MR	$\hat{\mu} = \bar{X}$	$\hat{\sigma} = \overline{MR}/d_2$

2.4.9 Condições de Utilização das Cartas de Controle

A correta aplicação das cartas de controle implica a verificação de alguns pressupostos relativamente aos dados utilizados na sua construção, tais como a independência, a aleatoriedade e a Normalidade, ou seja, para que as conclusões provenientes do estudo das cartas de controle sejam fiáveis, os dados da característica considerada devem ser aleatórios, independentes, e devem seguir uma distribuição Normal com média μ e variância σ^2 . Seguidamente serão abordados métodos que permitem a confirmação dos pressupostos necessários à boa implementação das cartas de controle.

2.4.9.1 Aleatoriedade dos Dados

Podem existir diversas origens para que os dados não verifiquem aleatoriedade, tais como, a mistura de populações diferentes e a correlação entre observações consecutivas ou desfasadas no tempo. Existem alguns métodos que permitem verificar a aleatoriedade ou não dos dados, sendo que os métodos mais relevantes e usualmente utilizados são o Teste das Sequências, o Teste das Sequências Ascendentes e Descendentes e o Teste Modificado do Quadrado Médio das Diferenças Sucessivas (Pereira e Requeijo, 2012).

2.4.9.2 Normalidade dos Dados

Para verificar a Normalidade dos dados pode-se recorrer a algumas técnicas, tais como, o teste do Qui-Quadrado e o teste de Kolmogorov-Smirnov. Na presente dissertação o teste utilizado foi o de Kolmogorov-Smirnov, encontrando-se informações relativas ao mesmo nas referências bibliográficas de seguida apresentadas (Oakland, 2008; Massey, 1951; Lilliefors, 1967). Se os dados amostrais seguirem uma distribuição aproximadamente normal, para determinado nível de significância alfa, conclui-se também através de inferência estatística que a população de onde foram retiradas as amostras também é Normal. Se, por sua vez, os dados amostrais não seguirem uma distribuição Normal, pode concluir-se que a população à qual os dados amostrais pertencem também não é normal. Neste caso a abordagem ao SPC deve ser alterada, sendo que possíveis abordagens serão (Pereira e Requeijo, 2012):

- Caracterização, através dos dados disponíveis, da distribuição da característica da qualidade.
- Transformação dos dados, de modo a obter-se uma variável normalmente distribuída.
- Utilização do Método da Variância Ponderada para distribuições assimétricas.

Na presente dissertação não foi necessário a utilização de nenhuma das anteriores abordagens, pelo facto de todos os dados se apresentarem segundo uma distribuição normal. No entanto, caso tal fosse necessário, o método utilizado seria a transformação de dados, através do Sistema de Distribuições de Johnson, aprofundado nas referências (Slifker e Shapiro, 1980; Pereira e Requeijo, 2012; Farnum, 1997; Johnson, 1949).

2.4.9.3 Independência dos Dados

Outro aspeto fundamental para que a aplicação das cartas de controlo a determinada característica da qualidade possa decorrer com normalidade é a independência dos dados. Os dados são independentes quando não existe autocorrelação significativa entre os mesmos, ou seja, o valor que a variável respeitante à característica da qualidade toma em determinado instante t não depende nem do seu valor no instante anterior ($t - 1$), nem

do seu valor em qualquer instante desfasado de k instantes ($t - k$). É possível verificar este pressuposto através da aplicação da Função de Autocorrelação (FAC) e da Função de Autocorrelação Parcial (FACP) (Pereira e Requeijo, 2012).

2.5 Capacidade do Processo

Ao planificar os aspetos da qualidade em determinado processo, nada é mais importante do que assegurar que o processo vai ser capaz de continuar dentro das tolerâncias. Surge assim o conceito de capacidade do processo (Juran e Gryna, 1993). A capacidade do processo reflete a variação do processo devido a causas comuns de variação e a sua análise consiste na comparação da distribuição de determinada característica do produto com as especificações previamente estabelecidas (Pereira e Requeijo, 2012).

A análise da capacidade do processo é parte vital de qualquer programa que tenha como objetivo a melhoria global da qualidade, permitindo (Montgomery, 2005):

- Prever a capacidade do processo em produzir de acordo com as especificações.
- Auxiliar os responsáveis pela conceção e desenvolvimento de produtos na selecção ou modificação de um processo.
- Ajudar na escolha dos intervalos entre amostras na monitorização do processo.
- Especificar os requisitos de desempenho para novos equipamentos.
- Selecionar fornecedores e outros aspetos da gestão da cadeia de abastecimento.
- Planear a sequência de processos de produção quando existem efeitos de interação dos processos nas tolerâncias.
- Reduzir a variação do processo.

Assim sendo, a análise da capacidade do processo tem aplicação nos mais diversos segmentos do ciclo do produto, tais como, desenho do produto e do processo, gestão da cadeia de abastecimento, planeamento da produção ou da manufatura.

Para analisar a capacidade do processo as técnicas mais utilizadas são: histogramas, cartas de controlo e desenho de experiências (Montgomery, 2005). Na presente dissertação será apenas desenvolvido o cálculo da capacidade do processo com recurso às cartas de controlo.

2.5.1 Índices de Capacidade do Processo para Dados Normalmente Distribuídos

Os índices de capacidade do processo, que permitem avaliar como é que um processo está a produzir em relação à sua especificação técnica, são resultado do estudo da capacidade do processo ao longo dos anos (Pereira e Requeijo, 2012). Neste subcapítulo

serão apresentados os índices de capacidade do processo para dados normalmente distribuídos, pressupondo-se que a característica da qualidade considerada é independente e identicamente distribuída segundo uma distribuição Normal.

O primeiro índice de capacidade a ser utilizado foi o C_p , que é definido, caso a especificação seja bilateral, por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2.15)$$

sendo LIE e LSE , respectivamente, os limites inferior e superior de especificação.

Um processo que está apenas a satisfazer os limites de especificação tem um C_p de 1,0. A criticidade de muitas aplicações e a realidade na qual a média dos processos não irá permanecer no ponto médio do alcance da especificação sugere que o valor de C_p nunca deve ser inferior a 1,33 (Juran e Gryna, 1993). Ainda assim, para um bom desempenho é recomendável que a sua variabilidade seja bastante reduzida, o que significa ter valores de C_p o mais alto possíveis. Por exemplo, a metodologia 6σ exige que a capacidade tome valores nunca inferiores a 2 (Pereira e Requeijo, 2012).

De modo a colmatar as insuficiências relativas ao índice C_p surgiram outros indicadores de desempenho do processo, mais concretamente C_{pk} e C_{pm} , que consideram a localização da média (Pereira e Requeijo, 2012). O índice C_{pk} é definido por:

$$C_{pk} = \min((C_{pk})_I, (C_{pk})_S) \quad (2.16)$$

Com

$$(C_{pk})_I = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (2.17)$$

$$(C_{pk})_S = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (2.18)$$

Tal como para C_p , considera-se o processo capaz para uma especificação bilateral quando C_{pk} não é inferior a 1,33, e estará centrado no seu valor nominal se $((C_{pk})_I) = ((C_{pk})_S)$. Quando se está perante uma especificação unilateral o índice de capacidade do processo é determinado pelas equações 2.17 e 2.18, para características do tipo quanto-maior-melhor e quanto-menor-melhor respetivamente, sendo que neste tipo de especificação considera-se que um processo é capaz quando o valor de C_{pk} não é inferior a 1,25 (Pereira e Requeijo, 2012).

Por sua vez, o índice C_{pm} pode ser calculado através da seguinte equação:

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (2.19)$$

O índice C_{pm} segue os princípios do índice C_p , diferenciando-se pelo facto de considerar no intervalo da tolerância natural do processo o desvio da média relativamente ao valor nominal da característica (T) (Pereira e Requeijo, 2012).

Finalmente foi introduzido, na terceira e última geração, o índice C_{pmk} , que combina as valências do C_{pk} e do C_{pm} , resultando na seguinte expressão:

$$C_{pmk} = \frac{\min(LSE - \mu, \mu - LIE)}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (2.20)$$

2.5.2 Índices de Capacidade do Processo para Dados não Normais

Existem outras opções para calcular a capacidade do processo quando os dados relativos a determinada característica da qualidade são independentes mas não são Normalmente distribuídos (Pereira e Requeijo, 2012).

Uma opção a considerar é proceder à transformação dos dados de forma a que a sua variável transformada seja Normalmente distribuída. Após a transformação analisa-se estatisticamente a variável transformada, e caso esta se encontre sob controlo estatístico é então possível calcular a capacidade do processo utilizando os índices descritos para dados Normalmente distribuídos. De referir que é ainda necessário, recorrendo à mesma transformação utilizada para os dados, transformar os limites de especificação e o valor nominal para determinar os valores dos índices de capacidade (Pereira e Requeijo, 2012).

Outra opção é o recurso a índices que têm vindo a ser desenvolvidos que se adequam à distribuição dos dados (Pereira e Requeijo, 2012).

2.6 Controlo Estatístico de Pequenas Produções

Num mercado cada vez mais exigente e aberto, as empresas desenvolveram estratégias associadas com a redução de armazenamento de matérias-primas, componentes, produtos em vias de fabrico e produtos finais, procurando reduzir os custos inerentes à existência de stocks. O planeamento e controlo da produção das empresas passou assim a estabelecer novos programas de fabrico que passavam por reduzir o número de unidades a produzir de cada vez, exigindo por parte do controlo da qualidade a introdução de novos métodos que permitam desempenhar a sua função (Pereira e Requeijo, 2012).

Surge assim o conceito de pequena produção (*short run*), que ocorre quando:

- O número de unidades produzidas de cada vez é muito pequeno (menos de vinte), e o tempo entre diferentes produções é suficientemente distante.
- O número de unidades produzidas é considerado suficiente (mais de 100), porém a sua produção ocorra rapidamente em termos temporais.
- A produção é realizada por lotes em número limitado ao longo do tempo.

Entre algumas medidas possíveis de tomar face às pequenas produções, uma delas passa pela construção de cartas de controlo adaptadas a este tipo de produção. Tal como nas cartas de controlo tradicionais, as cartas de controlo para pequenas produções dividem-se em cartas de controlo de variáveis e cartas de controlo de atributos, sendo

que nesta dissertação apenas serão abordadas as cartas de controlo de variáveis, por ser o único tipo de cartas de interesse à realização da mesma.

2.6.1 Cartas de Controlo de Variáveis

As cartas de controlo de variáveis para pequenas produções subdividem-se em dois grupos bem distintos, conforme os parâmetros do processo estejam ou não estimados, tal como explícito na tabela 2.5 (Pereira e Requeijo, 2012).

Tabela 2.5: Grupos distintos de cartas de controlo de variáveis para pequenas produções

	Tipo de Carta
Número suficiente de dados para estimar os parâmetros do processo	- Cartas de Diferenças – Cartas D - Cartas Z e W
Número insuficiente de dados para estimar os parâmetros do processo	- Cartas Q - Cartas CUSUMQ ou EWMAQ

Tal como nas cartas de controlo tradicionais, a aplicação das cartas de controlo para pequenas produções tem como pressupostos a independência e a Normalidade dos dados relativos à característica da qualidade que se pretende estudar.

Na presente dissertação apenas serão desenvolvidas dois tipos de carta, um para cada situação, pois serão as cartas escolhidas caso tenham de ser utilizadas.

2.6.2 Cartas de Controlo Z e W

As cartas de controlo Z e W são construídas a partir da transformação dos dados, que é realizada considerando estimativas da média e da variância do processo, sendo então preferencialmente aplicáveis da Fase 2 da implementação do controlo estatístico do processo. Esta transformação dos dados permite que os seus valores se tornem adimensionais, resolvendo assim a insuficiência das cartas de diferenças quando as variâncias dos processos referentes às diversas características dos produtos são significativamente diferentes.

As cartas Z e W apresentam os mesmos princípios fundamentais das cartas tradicionais, tais como a recolha de subgrupos racionais, a frequência de amostragem adequada e um nível de significância $\alpha = 0,0027$, sendo que todas as regras para deteção de padrões aleatórios utilizadas nas cartas de controlo tradicionais também são aplicáveis às cartas Z e W (Pereira e Requeijo, 2012).

Existem três tipos de cartas Z e W: cartas da média e da amplitude, cartas da média e do desvio padrão, e cartas de observações individuais e amplitude móvel. Tal como na Fase 1 em que as cartas de controlo tradicionais escolhidas foram as da média e do desvio padrão, para a Fase 2 as cartas de controlo Z e W utilizadas serão também as da média e

do desvio padrão, pelo que este será o único tipo de cartas Z e W abordado na presente dissertação.

2.6.2.1 Cartas de Controlo da Média e do Desvio Padrão

A construção das cartas de controlo Z e W, da média e do desvio padrão, tem como base as seguintes equações:

$$(Z_i)_j = \left(\frac{\bar{X}_i - \mu}{\sigma_{\bar{X}}} \right)_j = \left(\frac{\bar{X}_i - \mu}{\sigma / \sqrt{n_i}} \right)_j \quad (2.21)$$

$$(W_i)_j = \left(\frac{S_i}{c_4 \sigma} \right)_j = \left(\frac{S_i}{\bar{S}} \right)_j \quad (2.22)$$

em que:

- $(n_i)_j$ - corresponde à dimensão da amostra i para o produto j
- $(\bar{X}_i)_j$ - corresponde à média da amostra i para o produto j
- $(S_i)_j$ - corresponde ao desvio padrão da amostra i para o produtor j
- $(\mu)_j$ - corresponde à média do processo, relativamente à característica X, para o produto j
- $(\sigma)_j$ - corresponde ao desvio padrão do processo, relativamente à característica X, para o produto j
- $(\bar{S})_j$ - corresponde à média dos desvios padrão amostrais para o produto j

Os limites de controlo destas cartas de controlo são obtidos por:

$$LSC_Z = 3, LC_Z = 0, LIC_Z = -3 \quad (2.23)$$

$$LSC_{WS} = B_4, LC_{WS} = 1, LIC_{WS} = B_3 \quad (2.24)$$

Os valores das constantes c_4 , B_3 e B_4 dependem unicamente da dimensão da amostra, e podem ser determinados consultando a tabela no anexo G.2.

Para construir as cartas de controlo Z e W_s é representado cada ponto referente aos valores de $(Z_i)_j$ e $(W_i)_j$ por ordem cronológica, seja qual for o produto. De assinalar que na construção das cartas Z o facto de a dimensão das amostras ser variável não suscita qualquer problema, não se verificando o mesmo no que se refere à carta W, visto que os valores dos limites de controlo dependem da dimensão das amostras (Pereira e Requeijo, 2012).

2.6.2.2 Capacidade dos Processos

No que diz respeito à Fase 1 do SPC, o estudo da capacidade dos processos é uma temática perfeitamente desenvolvida. No entanto, relativamente à Fase 2 não existe um procedimento único para o estudo da capacidade dos processos, aumentando esta dificuldade quando o estudo se estende às pequenas produções. Assim, foi necessário encontrar uma solução que permitisse a análise da capacidade dos diferentes processos à medida que os dados da produção vão sendo recolhidos, sendo então possível avaliar o desempenho do processo e assegurar a satisfação dos clientes em termos de conformidade dos produtos face às suas especificações (Pereira e Requeijo, 2012).

Presumindo que os processos apresentam um desempenho minimamente satisfatório e se encontram sob controlo estatístico na Fase 1, a capacidade dos processos na Fase 2 é analisada através dos índices Z_I e Z_S , que não são mais do que transformações adequadas dos índices $(C_{pk})_i$ e $(C_{pk})_s$. Através dos índices Z_i e Z_s não só é possível verificar a capacidade dos processos em tempo real, como também se os processos estão centrados com o valor nominal das especificações: caso Z_i e Z_s apresentem valores simétricos os processos estão centrados.

Os índices Z_i e Z_s representam-se na carta Z , e são calculados no momento em que são recolhidos os dados pelas seguintes expressões:

$$(Z_I)_j = \left(\frac{LIE - \mu}{k\sigma} \right)_j \quad (2.25)$$

$$(Z_S)_j = \left(\frac{LSE - \mu}{k\sigma} \right)_j \quad (2.26)$$

Os valores de k geralmente utilizados são $k = 1,33$ para especificações bilaterais e $k = 1,25$ para especificações unilaterais, mas é cada vez maior a tendência de se exigirem índices de capacidade mais elevados. Considera-se que o processo é capaz caso se verifiquem as condições da tabela 2.6.

Tabela 2.6: Condições necessárias para que um processo seja capaz

Tipo de especificação	Condições de capacidade
Bilateral	$(Z_I)_j \leq -3$ e $(Z_S)_j \geq -3$
Unilateral com limite inferior	$(Z_I)_j \leq -3$
Unilateral com limite superior	$(Z_S)_j \geq -3$

As estimativas dos índices de capacidade Z_I e Z_S são obtidas a partir das estimativas dos parâmetros do processo, que são por sua vez determinadas em cada instante r , e são referentes a cada produto j :

$$((\hat{Z}_I)_r)_j = \left(\frac{LIE - \hat{\mu}_r}{k\hat{\sigma}_r} \right)_j \quad (2.27)$$

$$((\hat{Z}_S)_r)_j = \left(\frac{LSE - \hat{\mu}_r}{k\hat{\sigma}_r} \right)_j \quad (2.28)$$

Os valores das estimativas dos parâmetros dos processos, para cada instante r , no caso de serem utilizadas amostras são obtidas por:

$$\hat{\mu}_r = \overline{\overline{X}}_r \quad (2.29)$$

$$\hat{\sigma}_r = \frac{\overline{S}_r}{c_4} \quad (2.30)$$

em que:

$$\overline{\overline{X}}_r = \frac{1}{r}((r-1)\overline{\overline{X}}_{r-1} + \overline{X}_r), r = 2, 3, \dots \quad (2.31)$$

$$\overline{S}_r = \frac{1}{r}((r-1)\overline{S}_{r-1} + S_r), r = 2, 3, \dots \quad (2.32)$$

$$\overline{R}_r = \frac{1}{r}((r-1)\overline{R}_{r-1} + R_r), r = 2, 3, \dots \quad (2.33)$$

2.6.3 Cartas de Controlo Q

Para resolver os problemas que as cartas de controlo tinham em lidar com processos caracterizados por produção em lotes com número reduzido de unidades, impossibilitando a conveniente estimação dos parâmetros do processo, Charles Quesenberry desenvolveu uma metodologia que consiste na transformação de determinada característica da qualidade (variável) numa variável Q, que segue aproximadamente a distribuição normal reduzida. Presume-se que os dados da variável relativa à característica da qualidade sejam independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição Normal (Pereira e Requeijo, 2012).

As cartas Q apresentam os mesmos princípios fundamentais das cartas tradicionais, tais como a recolha de subgrupos racionais, a frequência de amostragem adequada e um nível de significância $\alpha = 0,0027$, sendo que todas as regras para deteção de padrões aleatórios utilizadas nas cartas de controlo tradicionais também são aplicáveis às cartas Q, tal como se verifica nas cartas Z e W (Pereira e Requeijo, 2012).

Tal como nas cartas de controlo apresentadas anteriormente, as cartas de controlo Q para variáveis têm aplicação quer para observações individuais, quer para amostras. Na presente dissertação todos os dados utilizados serão amostras, pelo que o único tipo de cartas de controlo Q que serão desenvolvidas serão as cartas Q para a média e a variância.

2.6.3.1 Cartas Q para a Média e a Variância

As cartas Q para a média e para a variância são construídas com base nas estatísticas $Q(\overline{X})$ e $Q(S^2)$:

$$Q_i(\overline{X}_i) = \Phi^{-1}(G_{n_1+\dots+n_i-i}(\omega_i)) = \Phi^{-1}(G_{v_1+\dots+v_i}(\omega_i)), i = 2, 3, \dots \quad (2.34)$$

$$Q_i(S_i^2) = \Phi^{-1}(F_{n_i, n_1 + \dots + n_{i-1} - i + 1}(\theta_i)) = \Phi^{-1}(F_{v_i, v_1 + \dots + v_{i-1}}(\theta_i)), i = 2, 3, \dots \quad (2.35)$$

nas quais

$$\omega_i = \sqrt{\frac{n_i(n_1 + \dots + n_i - 1)}{n_1 + \dots + n_i}} \left(\frac{\bar{X}_i - \bar{X}_{i-1}}{s_{p,i-1}} \right), i = 2, 3, \dots \quad (2.36)$$

$$S_{p,i}^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + \dots + (n_i - 1)S_i^2}{n_1 + \dots + n_i - i} = \frac{v_1 S_1^2 + \dots + v_i S_i^2}{v_1 + \dots + v_i} = \frac{\sum_{j=1}^i v_j S_j^2}{\sum_{j=1}^i v_j} \quad (2.37)$$

$$\bar{\bar{X}}_i = \frac{n_1 \bar{X}_1 + \dots + n_i \bar{X}_i}{n_1 + \dots + n_i} = \frac{1}{i} ((i-1) \bar{\bar{X}}_{i-1} + \bar{X}_i), i = 2, 3, \dots \quad (2.38)$$

$$\theta_i = \frac{(n_1 + \dots + n_{i-1} - i + 1)S_i^2}{(n_1 - 1)S_1^2 + \dots + (n_{i-1} - 1)S_{i-1}^2} = \frac{(v_1 + \dots + v_{i-1})S_i^2}{v_1 S_1^2 + \dots + v_{i-1} S_{i-1}^2} = \frac{S_i^2}{S_{p,i-1}^2}, i = 2, 3, \dots \quad (2.39)$$

Com as estatísticas $Q_i(\bar{X}_i)$ e $Q_i(S_i^2)$ constroem-se os gráficos $(i, Q_i(\bar{X}_i))$ e $(i, Q_i(S_i^2))$ que constituem as cartas $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$, respetivamente. Com a aplicação destas cartas torna-se possível iniciar o controlo da média e da variância do processo a partir da segunda amostra ($i=2$). Como as variáveis $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$ são normalmente distribuídas, os limites de controlo destas cartas são:

$$LSC_{Q(\bar{X})} = 3, LC_{Q(\bar{X})} = 0, LIC_{Q(\bar{X})} = -3 \quad (2.40)$$

$$LSC_{Q(S^2)} = 3, LC_{Q(S^2)} = 0, LIC_{Q(S^2)} = -3 \quad (2.41)$$

2.6.3.2 Capacidade do Processo

A determinação da capacidade do processo nas cartas Q, tal como nas cartas Z e W, é efetuada em tempo real e os seus índices são também representados em cada instante na respetiva carta Q (Pereira e Requeijo, 2012). Os índices Q_I e Q_S são então definidos por:

$$Q_I = \frac{LIE - \mu}{k\sigma} \quad (2.42)$$

$$Q_S = \frac{LSE - \mu}{k\sigma} \quad (2.43)$$

Portanto, no instante r as suas estimativas serão:

$$(\hat{Q}_I)_r = \frac{LIE - \hat{\mu}_r}{k\hat{\sigma}_r} \quad (2.44)$$

$$(\hat{Q}_S)_r = \frac{LSE - \hat{\mu}_r}{k\hat{\sigma}_r} \quad (2.45)$$

em que, no caso de utilização de amostras:

$$\hat{\mu}_r = \bar{\bar{X}}_r \quad (2.46)$$

$$\hat{\sigma}_r = \frac{S_{p,r}}{c_4} \quad (2.47)$$

Os pressupostos dos índices de capacidade das cartas Z e W são os mesmos do que os aplicados na carta Q, como por exemplo o valor de k e as condições de capacidade do processo.

2.7 Cartas de Controlo Especiais

Uma das grandes desvantagens das cartas de controlo de Shewart é que apenas consideram a informação do processo contida na última amostra, ignorando a informação dada pela sequência completa de pontos, o que significa que as cartas de controlo de Shewart não apresentam sensibilidade para pequenas alterações no processo. Assim sendo, as cartas de controlo de Shewart tornam-se potencialmente menos adequadas aos problemas de monitorização na Fase 2, na qual o processo tende a operar sob controlo estatístico, estimativas fiáveis dos parâmetros estão disponíveis, e causas especiais de variação geralmente não resultam em grandes distúrbios no processo. É possível aplicar outros critérios nas cartas de controlo de Shewart para que estas melhorem a sua performance ao lidar com pequenas variações no processo, tais como alterar os limites de controlo e outras regras de sensibilidade, porém o uso destes procedimentos reduz a simplicidade e facilidade na interpretação das cartas de controlo de Shewart, reduzindo também drasticamente o valor de ARL do gráfico quando este está de facto sob controlo (Montgomery, 2005).

Para resolver os problemas das cartas de controlo de Shewart em lidar com pequenas variações no processo, foram implementadas cartas de controlo especiais, tais como a Carta de Somas Acumuladas (CUSUM) ou a Carta da Média Exponencialmente Amortecida (EWMA), que permitem o aumento da sensibilidade na deteção de causas especiais de variação (Pereira e Requeijo, 2012).

2.7.1 Cartas CUSUM

As cartas de controlo de somas acumuladas (CUSUM) foram desenvolvidas no Reino Unido na década de 1950, e são uma das ferramentas de gestão mais poderosas disponíveis para a deteção de tendências e pequenas alterações nos dados (Oakland, 2008).

A construção das cartas CUSUM é definida por duas variáveis, T e C , dadas no instante t por:

$$T_t = \min(0, T_{t-1} + (Z_t + k)) \quad (2.48)$$

$$C_t = \max(0, C_{t-1} + (Z_t - k)) \quad (2.49)$$

com:

$$T_0 = 0 \quad (2.50)$$

$$C_0 = 0 \quad (2.51)$$

$$Z_t = \frac{\bar{X}_t - \mu}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{\bar{X}_t - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (2.52)$$

$$\Delta = \delta\sigma_{\bar{X}} \quad (2.53)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{\Delta\sqrt{n}}{\sigma} \quad (2.54)$$

$$k = \frac{\delta}{2} \quad (2.55)$$

nas quais:

- \bar{X}_t - média da amostra t
- μ - valor inicial da média do processo
- σ - desvio padrão do processo
- n - dimensão da amostra
- Z_t - variável Normal reduzida referente a \bar{X}_t
- k - valor de referência

A variável T permite detetar um decréscimo na média e, por sua vez, a variável C permite detetar um aumento da média. Quando uma das situações se verifica o processo encontra-se fora de controlo estatístico, e para que tal aconteça uma das condições seguintes tem de se verificar:

$$T_t < -h \quad (2.56)$$

$$C_t > h \quad (2.57)$$

ou seja, os limites inferior e superior da carta CUSUM são, respetivamente, $-h$ e h , sendo que o valor de h é obtido com recurso aos ábacos que se encontram apresentados nas figuras G.3, G.4, G.5 e G.6 do anexo G.

Sempre que se detete uma alteração no processo pode haver o interesse de calcular novos valores para a média do processo, para que as devidas ações corretivas possam ser tomadas. O novo valor da média pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\mu_{novo} = \begin{cases} \mu + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}(k + \frac{C_t}{N_C}), & \text{se } C_t > h \\ \mu - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}(k - \frac{T_t}{N_T}), & \text{se } T_t < -h \end{cases} \quad (2.58)$$

$$(2.59)$$

$$(2.60)$$

onde N_T e N_C correspondem ao número de períodos consecutivos em que T e C são diferentes de zero.

2.7.2 Cartas EWMA

As cartas de controlo EWMA foram primeiramente introduzidas por Roberts em 1959, e é outra das alternativas às cartas de controlo de Shewart quando são importantes de detetar pequenas alterações na média do processo (Montgomery et al., 2008).

A construção da carta EWMA para controlar a média do processo tem como base a variável exponencialmente amortecida E :

$$EWMA_t = E_t = (1 - \lambda)E_{t-1} + \lambda Y_t, t = 1, 2, \dots, \quad (2.61)$$

em que:

- $0 < \lambda \leq 1$
- E_t - média móvel exponencialmente amortecida para o instante t
- λ - constante de amortecimento
- Y_t - valor da variável Y no instante t

A construção da carta EWMA é feita com base nos pares ordenados (t, E_t) , verificando-se uma alteração na média do processo caso E_t não esteja dentro dos limites de controlo:

$$LSC_E = E_0 + K\sigma_E \quad (2.62)$$

$$LC_E = E_0 \quad (2.63)$$

$$LIC_E = E_0 - K\sigma_E \quad (2.64)$$

com:

$$\sigma_E^2 = \sigma_Y^2 \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) (1 - (1 - \lambda)^{2t}) \quad (2.65)$$

em que:

- σ_E^2 - variância da variável E
- E_0 - valor inicial da variável E ($E_0 = \mu_Y$)

- K - constante (nível de controlo) para um determinado λ e $ARL_{EmControlo}$

Os valores de λ e de K são determinados com base nos ábacos que se encontram apresentados nas figuras G.7 e G.8 do anexo G.

Caracterização da Empresa

No presente capítulo é feita uma caracterização da empresa envolvida nesta dissertação, a Panificadora Modelo de Carnide, com o objetivo de perceber o seu modo de operar desde o processo fabril até à sua administração.

3.1 A Empresa

A Panificadora Modelo de Carnide é uma empresa familiar que se dedica à padaria e à pastelaria tradicional. Atualmente é constituída por duas fábricas, em Carnide e em Odivelas, sendo que todo o processo administrativo é feito nas instalações de Carnide.



Figura 3.1: Vista Exterior da Panificadora Modelo de Carnide

A data de fundação da Panificadora Modelo de Carnide remonta ao ano de 1923, pela mão de Francisco Antunes e a sua mulher Maria da Piedade, sendo na altura uma pequena empresa de fabrico e distribuição de pão em Carnide. A empresa foi crescendo

progressivamente, até que os seus fundadores se retiraram do negócio devido a problemas de saúde, passando esta a ser gerida pelo genro juntamente com o seu irmão. Mais tarde, em 1971, a liderança dos negócios viria então a ser tomada pelo, ainda gerente, neto de Francisco Antunes, Fernando Lopes e pelo seu tio que viria uns anos mais tarde a abandonar a empresa. Foi então que a empresa procurou responder às novas exigências dos clientes, que exigiam melhor qualidade e maior diversidade de produtos, remodelando aos poucos a maquinaria existente. No ano de 1996 reformularam-se novamente as instalações de forma a implementar uma fábrica de pastelaria, a qual produz para venda direta ao público e também para revenda ao comércio local. Recentemente, em 2004, para conseguir responder a uma procura cada vez maior, a Panificadora Modelo de Carnide expandiu a sua atividade produtiva construindo de raiz novas instalações fabris na zona de Odivelas, nas quais foi desenvolvido o presente trabalho. Atualmente Fernando Lopes é auxiliado pelos seus dois filhos na gestão da empresa, que é composta por mais de 30 trabalhadores distribuídos entre fabrico, distribuição e venda, tendo um volume de produção diária da ordem das 40.000 unidades. A empresa foi considerada recentemente uma Pequena e Média Empresa (PME) de excelência.

3.2 Organização

Atualmente a Panificadora Modelo de Carnide é constituída por quatro sócios: Fernando Lopes, os dois filhos e a filha, sendo que apenas Fernando Lopes e os seus dois filhos dedicam o seu tempo à empresa, estando um dos filhos responsável pela fábrica de Carnide, outro pela fábrica de Odivelas, e sendo Fernando Lopes o gerente.

Qualquer decisão de cariz importante passa sempre por Fernando Lopes, estando os seus filhos responsáveis por tomadas de decisão na hora, principalmente no que à gestão de encomendas diz respeito. As decisões ao nível da produção de pão são tomadas pelos encarregados das fábricas.

3.3 Processo Produtivo

O processo de fabrico na Panificadora Modelo de Carnide segue, para todos os tipos de pão considerados no trabalho, um modelo aproximadamente geral, que se encontra esquematizado na figura 3.2.



Figura 3.2: Esquema do modelo aproximadamente geral do processo produtivo

O processo de fabrico inicia-se com a mistura dos ingredientes na massadeira (figura 3.3), na qual a massa do pão se vai formar. Depois da massa do pão se formar, esta permanece algum tempo em repouso na mesma, para que ganhe a forma ideal.



Figura 3.3: Massadeira

O próximo passo é a divisão da massa em empelos de determinado peso, com auxílio de uma balança de pesos (figura 3.4). Estes empelos, na produção da maior parte dos tipos de pão, são posteriormente colocados numa máquina divisora (figura 3.4) que

permite dividir um empelo em 30 unidades.



Figura 3.4: Balança e Divisora, respetivamente

De seguida, é feito o arranjo do pão, para que este tome a forma desejada, na mesa de trabalho (figura 3.5). Este pode ser efetuado manualmente, como por exemplo no arranjo da Viana, ou pode ser com recurso a maquinaria, como por exemplo no caso da Carcaça na qual é utilizada uma vincadora.



Figura 3.5: Mesa de Trabalho

Concluído o arranjo do pão, este é colocado em tabuleiros próprios (figura 3.6). Para que a massa ganhe o volume desejado, caso necessário, os tabuleiros são colocados numa estufa de calor, na qual permanecem por períodos de tempo entre os 40 e os 60 minutos, sendo que alguns tipos de pão não precisam de ir à estufa de calor para ganhar volume.



Figura 3.6: Tabuleiros

De seguida, após a massa ter o volume ideal, os tabuleiros com o pão são levados ao forno (figura 3.7). O tempo que os diferentes tipos de pão permanecem no forno é também variável, conforme o pão tenha um peso maior ou menor: mais peso significa mais tempo necessário de permanência no forno.



Figura 3.7: Forno

Finalmente, depois do pão ter permanecido no forno o tempo necessário, é colocado em contentores nos quais permanece até à sua distribuição (figura 3.8). Antes de o pão ser distribuído, é feito um controlo visual de qualidade por parte do encarregado e, caso algum pão não apresente as devidas condições, é deitado fora.



Figura 3.8: Produto Final

3.4 Produtos

Os produtos fabricados na Panificadora Modelo de Carnide subdividem-se em dois grupos principais: padaria e pastelaria. No total, contam-se mais de 70 diferentes produtos fabricados entre padaria e pastelaria, sendo que neste trabalho foram apenas considerados produtos de padaria, que se contam na ordem dos 25.

Devido à impossibilidade de analisar todos os produtos existentes quer de padaria, quer de pastelaria, foram seleccionados 7 produtos de padaria para efetuar o controlo estatístico:

- **"Bolinhas"**

Ingredientes: Farinha de trigo tipo 65, farinha de trigo tipo 150, farinha de trigo tipo 85, água, levedura, sal e melhorante.

Considerações no processo: Para além de não necessitar de arranjo, não necessita de ir à estufa de calor.

Limite inferior de especificação: 50 gramas.



Figura 3.9: Bolinha

- **"Carcaças"**

Ingredientes: Farinha de trigo tipo 65, água, levedura, sal e melhorante.

Considerações no processo: Necessita de arranjo com o auxílio de uma vincadora, e necessita de ir à estufa de calor.

Limite inferior de especificação: 50 gramas.



Figura 3.10: Carcaça

- **"Vianas"**

Ingredientes: Farinha de trigo tipo 65, água, levedura, sal e melhorante

Considerações no processo: Necessita de arranjo manual, e necessita de ir à estufa de calor.

Limite inferior de especificação: 50 gramas.



Figura 3.11: Viana

- **"Pão integral grande"**

Ingredientes: Farinha de trigo tipo 65, farinha de trigo tipo 150, farinha de trigo tipo 85, água, levedura, sal e melhorante.

Considerações no processo: Necessita de arranjo com o auxílio da vincadora, e necessita de ir à estufa de calor.

Limite inferior de especificação: 100 gramas.



Figura 3.12: Pão Integral Grande

- **"Pão integral pequeno"**

Utiliza os mesmos ingredientes e o mesmo processo de produção do que o pão integral grande.

Limite inferior de especificação: 60 gramas.



Figura 3.13: Pão Integral Pequeno

- **"Baguete de Cereais"**

Ingredientes: Farinha de trigo tipo 65, mix de cereais, água, levedura e açúcar.

Considerações no processo: Necessita de arranjo manual e com auxílio da vincadora, e necessita de ir à estufa de calor.

Limite inferior de especificação: 80 gramas.



Figura 3.14: Baguete de Cereais

- **"Pão da avó comprido"**

Ingredientes: Farinha de trigo tipo 65, água, levedura, sal e melhorante.

Considerações no processo: Necessita de arranjo manual, e ao contrário dos restantes pães considerados, não vai à máquina divisora e não necessita de descanso, ou seja, assim que a massa é dividida em empelos vai diretamente ao forno.

Limite inferior de especificação: 700 gramas



Figura 3.15: Pão da Avó Comprido

3.5 A Qualidade na Empresa

Na Panificadora Modelo de Carnide as preocupações com a Qualidade dos seus produtos são as preocupações adequadas ao tipo de empresa em questão, ou seja, tratando-se duma pequena empresa não são canalizados grandes esforços financeiros no sentido de aperfeiçoar a Qualidade dos seus processos produtivos, mas procurando sempre assegurar que os seus produtos chegam ao consumidor com a qualidade pretendida.

No que à estrutura da empresa diz respeito, a Qualidade do pão está à responsabilidade do encarregado, que é a pessoa responsável, entre outras coisas, pelo controlo visual da qualidade do pão. A empresa entende que o controlo visual dos produtos é suficiente para decidir se estes se encontram ou não em condições de serem distribuídos.

De referir ainda que a empresa opera segundo as normas do HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), assegurando sempre as devidas precauções no que à Higiene e Qualidade das instalações diz respeito.

4

Parte Experimental

No presente capítulo serão aplicadas as metodologias abordadas ao longo do capítulo 2, tendo como base a empresa Panificadora Modelo de Carnide apresentada no capítulo 3.

O estudo, devido às restrições existentes, realizou-se somente considerando valores obtidos do produto final. Este tipo de estudo deve ser efetuado ao longo de todo o processo de produção, mas estando perante processos de produção curtos e nos quais os fatores de variação associados à característica da qualidade considerada podem ser deduzidos, aceitaram-se as restrições da empresa em efetuar o estudo apenas sobre o produto final.

4.1 Característica da Qualidade a Estudar e Fontes de Variação Associadas

Perante a impossibilidade em recolher dados do produto no decurso da sua fabricação, a solução passaria pela sua recolha apenas no seu estado final de fabricação (produto pronto para ser consumido). Nesta fase, sendo um produto de consumo alimentar, a qualidade do mesmo depende essencialmente do seu sabor, da sua composição e da sua apresentação.

Como o objetivo do trabalho se prende com a aplicação do SPC, mais concretamente das cartas de controlo, um estudo relativamente a um componente de subjetividade como o sabor do produto é colocado logo de parte, pois teria de ser feito à base de inquéritos e poderia envolver desperdício de material. Relativamente à composição do pão, poderia ser interessante efetuar um estudo com base na análise de componentes fundamentais no

pão (por exemplo teor de sal), mas os meios necessários a um estudo nesta natureza não se encontravam disponíveis.

Resta então considerar um estudo relativo à aparência do pão. Neste aspeto, considerando que a característica da qualidade estudada tem de ser mensurável, poderia ser analisado o tamanho do pão, ou o seu peso. Relativamente ao tamanho, apenas o volume poderia ser eventualmente analisado, mas para além da falta de meios para a sua medição, é uma característica que não teria grande interesse de análise. O peso, por sua vez, é uma característica do produto que com uma balança adequada pode ser medido com precisão.

Para além da viabilidade em estudar o peso dos produtos fabricados na empresa, é uma característica da qualidade que deve cumprir sempre com os valores correspondentes à sua especificação técnica, visto que caso a empresa esteja a produzir pão com peso inferior ao seu limite inferior (e único) de especificação ocorre em incumprimento perante a lei, levando à aplicação de coimas e de retenção de stock.

Outros fatores de interesse no estudo do peso do pão são a verificação de eventuais desperdícios de material, caso o peso médio do pão produzido se encontre muito acima da sua especificação, e a determinação da sua variabilidade.

Selecionada a característica da qualidade alvo de estudo, é importante perceber quais as etapas do processo geral de fabrico que mais contribuem para a sua variação. Analisando o processo descrito no ponto 3.3 do capítulo 3, é possível identificar três pontos no processo susceptíveis de influenciar a variação no peso do pão. Um destes pontos é o processo de cozedura do pão no forno, no qual os fatores tempo e temperatura são importantes, na medida em que alteram, por exemplo, a quantidade de água presente no produto final. No entanto, nenhuma ação corretiva será tomada sobre este ponto do processo uma vez que isto iria desencadear profundas alterações no processo de produção. Os outros dois pontos são a divisão da massa em empelos, utilizando a balança de pesos, e a divisão dos empelos na máquina divisora, visto que tanto num como noutro vai-se definir o peso do produto final.

4.2 Recolha de Dados

Analisado o processo de fabrico, e selecionada a característica da Qualidade que se pretende controlar, é fundamental estabelecer um plano adequado de recolha de dados.

Relativamente à frequência na recolha de amostras, optou-se por recolher o maior número de amostras possível dentro do tempo disponível. Como só é viável controlar o pão no último estágio do seu ciclo de produção (produto acabado), definiu-se que uma amostra por cada fornada de pão seria a opção mais correta, o que resulta em duas amostras por noite de "bolinhas" e "carcaças", uma amostra por noite de "vianas", "pão integral pequeno", "pão integral grande" e "baguete de cereais", e conforme a produção de "pão da avó comprido" eram retiradas amostras deste tipo de pão.

No que diz respeito à dimensão das amostras, devido à grande variabilidade esperável neste tipo de processos optou-se por recolher amostras de 10 unidades, de modo a que as amostras recolhidas representassem o mais próximo possível a população. Todos os tipos de pães são produzidos em lotes na ordem das centenas de unidades, pelo que não constitui um problema a dimensão da amostra ser tão grande, excetuando o "pão da avó comprido". Para este caso optou-se por apenas recolher as amostras quando os dados eram suficientes.

Foram seleccionados sete tipos de pão, visto que, devido a restrições existentes no espaço, as condições necessárias à realização de pesagens apenas se encontravam reunidas entre as 2h30 e 4h30, restringindo assim o número de pães passíveis de pesagem durante este intervalo de tempo. O número e tipos de pão foram seleccionados com base numa sessão experimental de pesagens. De referir também que para a Fase 1 do SPC se pretendiam obter pelo menos 30 amostras para cada tipo de pão, pelo que foram efectuadas pesagens ao longo de 30 noites, excetuando para as "bolinhas" e "carcaças", para as quais foram recolhidas 40 amostras ao longo de 20 noites - nas 10 últimas noites não se pesaram. Por sua vez, a Fase 2 contemplou a realização de pesagens ao longo de 20 noites.

Para realizar as pesagens do pão foi utilizada uma balança *Kern 440* (figura 4.1), balança que apresenta uma resolução de 0.1, que devido à grande variabilidade esperada se revelou a mais adequada. No início de cada amostra procedeu-se à sua calibração, e também quando a meio das amostras se verificava a sua descalibração.



Figura 4.1: Balança *Kern 440*

4.3 Análise dos Dados

4.3.1 Metodologia de Aplicação

Tal como referido anteriormente, todos os pães com exceção do "pão da avó comprido" têm uma produção regular, o que permite para estes a aplicação do controlo estatístico tradicional. Assim, com base nos conceitos desenvolvidos nos capítulos 2 e 3, o procedimento a seguir para a implementação do controlo estatístico do processo nestes pães será:

Fase 1

- Construir as cartas de controlo \bar{X} e S para todos os pães considerados.
- Analisar os processos para verificar se estes se encontram ou não sob controlo estatístico.
- Verificar a Normalidade dos dados, e caso a mesma não se verifique proceder à transformação dos mesmos.
- Estimar os parâmetros do processo.
- Analisar a capacidade dos processos.
- Tomar medidas corretivas caso a capacidade nos processos não seja a ideal.

Fase2:

- Construir as cartas de controlo Z e W para todos os pães.
- Monitorizar o processo, sendo que caso seja verificada alguma causa especial de variação deverão ser tomadas as medidas corretivas adequadas.

4.3.2 Fase 1

4.3.2.1 Construção e Análise das Cartas de Controlo

Recolhidas as amostras adequadas à correta implementação das cartas de controlo, procedeu-se então à construção das cartas de controlo \bar{X} e S . Optou-se por construir este tipo de cartas de controlo porque, tal como explicado no capítulo 2, este tipo de cartas mostra-se vantajoso relativamente às restantes quando a dimensão da amostra é considerável.

Para construir as cartas de controlo \bar{X} e S recorreu-se ao *software Statistica*. Nesta secção será apenas apresentado o desenvolvimento das cartas de controlo para as "bolinhas", sendo que no anexo A encontram-se presentes os resultados dos restantes produtos, para os quais a linha de raciocínio foi idêntica.

Introduzidos os dados recolhidos no *software Statistica*, as cartas de controlo \bar{X} e S obtidas encontram-se na figura 4.2.

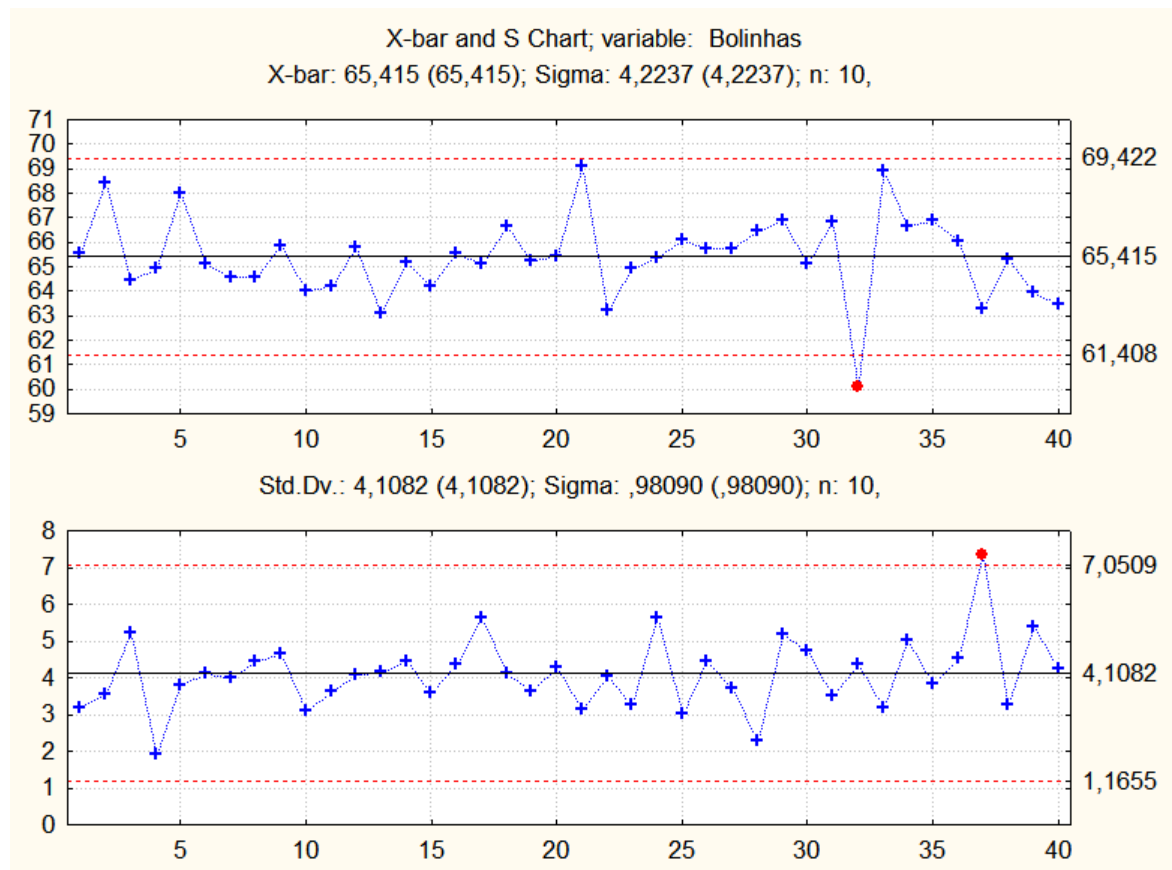


Figura 4.2: Cartas de Controle \bar{X} e S obtidas

Analisando as cartas obtidas, verifica-se a existência de dois pontos fora dos limites de controle, um na carta \bar{X} e outro na carta S . Nesta fase do controle estatístico os pontos fora de controle devem ser eliminados, o que resulta nas seguintes cartas de controle, apresentadas na figura 4.3.

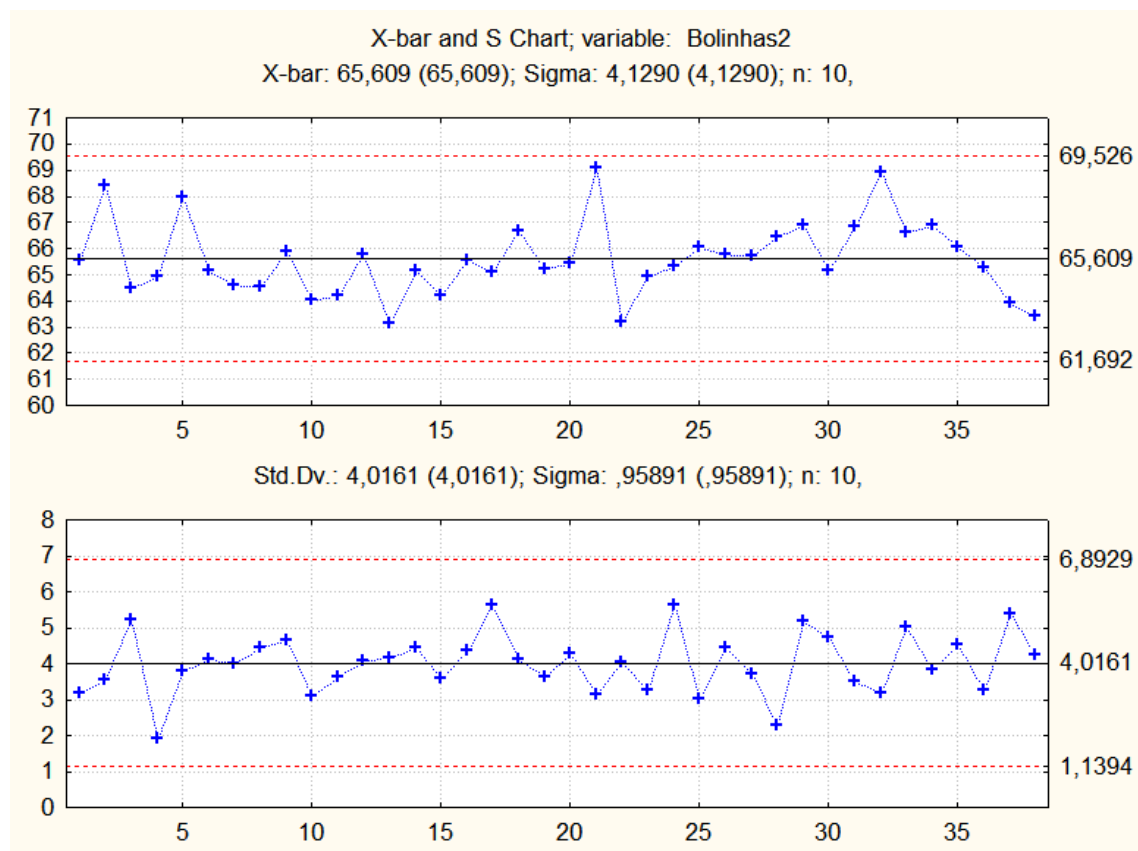


Figura 4.3: Cartas de Controle \bar{X} e S obtidas, após eliminação dos pontos fora de controle

Verifica-se que nas novas cartas de controle construídas já não se registam quaisquer pontos fora dos limites de controle, quer na carta \bar{X} quer na carta S . O próximo passo foi a análise da existência de padrões não aleatórios, que também pode ser efetuado com recurso ao *Statistica*, e encontra-se expresso nas figuras 4.4 e 4.5.

Bolinhas2 ; Runs Tests (erfsefwe)			
X-bar Chart			
Center line: 65,609211 Sigma: 1,305714			
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura 4.4: Determinação da existência de padrões não aleatórios na carta \bar{X}

		Bolinhas2 ; Runs Tests (erfsefwe)	
		S Chart	
		Center line: 4,016140 Sigma: 0,958913	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from sample	to sample	
Tests for special causes (runs rules)			
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura 4.5: Determinação da existência de padrões não aleatórios na carta S

Analisando as figuras 4.4 e 4.5, verifica-se que quer a carta \bar{X} quer a carta S não apresentam padrões não aleatórios, pois caso estes existissem estariam assinaladas as amostras nas quais existem padrões, na linha do quadro correspondente à regra de detecção verificada. O mesmo se constata para os restantes tipos de pão, conforme explícito no anexo B.

4.3.2.2 Verificação da Normalidade dos Dados

Após a confirmação de que o processo analisado se encontra sob controlo estatístico, deve ser verificado se o pressuposto relativo à normalidade dos dados também se verifica. Para tal recorre-se ao teste de Kolmogorov-Smirnov, enunciado no capítulo 2, com o auxílio do *Statistica*.

O primeiro passo no teste a aplicar é a definição do número de classes a considerar (k), conforme a expressão:

$$k = 1 + \frac{\log(N)}{\log(2)} \quad (4.1)$$

com $N = m \times n$, sendo m o número de amostras e n o tamanho das amostras.

Tendo em conta que 2 amostras foram removidas, o valor de N é de 380, o que resulta em:

$$k = 1 + \frac{\log(380)}{\log(2)} = 9,56 \simeq 10$$

De seguida calcula-se o valor $D_{critico}$ conforme a expressão no anexo G.1, que para um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) resulta em:

$$D_{critico} = \frac{0,886}{\sqrt{380}} = 0,045$$

Finalmente, recorrendo novamente ao *Statistica*, determina-se o valor de d :

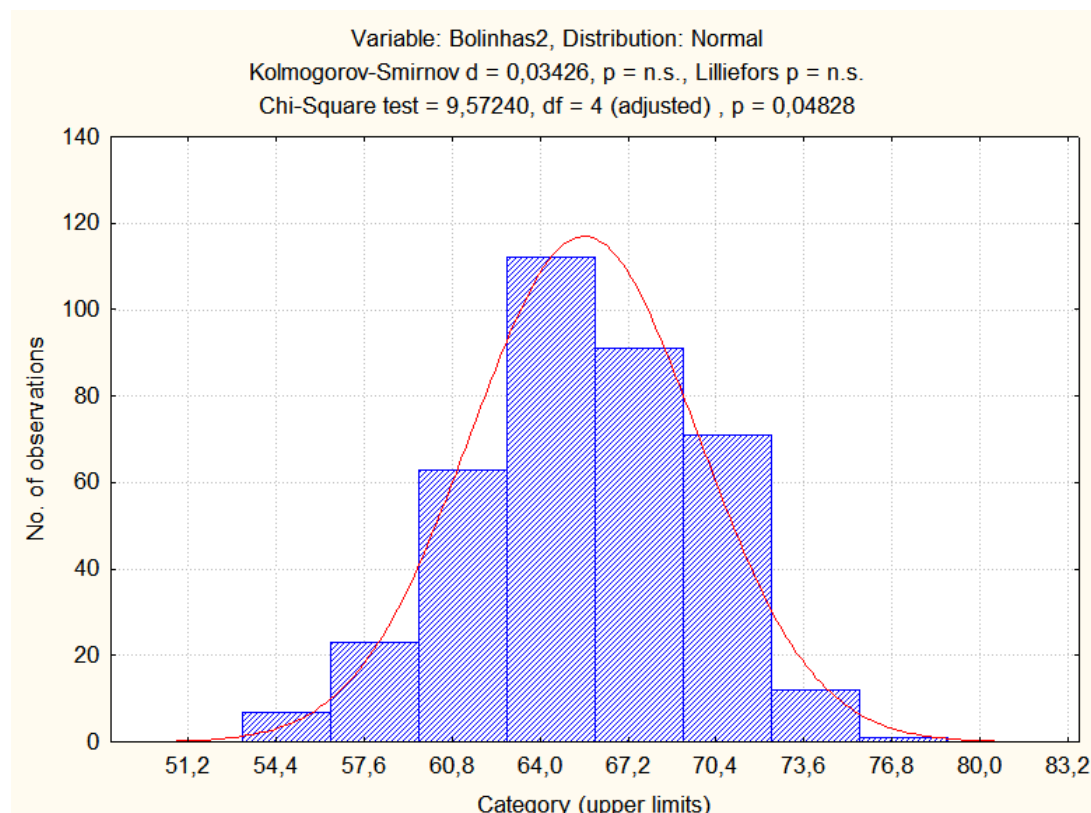


Figura 4.6: Determinação do valor de d

Conforme visível na figura 4.6, o valor de d é 0,03426, ou seja inferior ao valor $D_{critico}$. Assim sendo, pode-se afirmar que os dados relativos às "bolinhas" seguem uma distribuição aproximadamente normal, para um nível de significância de 5%.

Analogamente se procede para verificar a normalidade dos dados referentes aos restantes tipos de pão. Na tabela 4.1 é feito um resumo de todos os valores necessários à verificação da normalidade, apoiados pelas figuras presentes no anexo C :

Tabela 4.1: Resumo de todos os valores necessários à verificação da normalidade

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Integral Grande	Integral Pequeno	Baguete Cereais
N	380	390	290	280	290	290
k	9,56	9,61	9,17	9,13	9,17	9,17
$D_{critico}$	0,045	0,045	0,052	0,053	0,052	0,052
d	0,034	0,032	0,041	0,052	0,046	0,048

Comparando todos os valores, nos diferentes tipos de pão, de d e $D_{critico}$ verifica-se para todos os tipos de pão considerados que os seus dados seguem aproximadamente uma distribuição Normal.

4.3.2.3 Estimação dos Parâmetros e Análise de Capacidade dos Processos

Assumindo que os dados recolhidos são independentes, confirmam-se todos os pressupostos necessários à implementação das cartas de controlo como ferramenta do controlo estatístico de processos. Assim sendo, é agora possível proceder à estimação dos parâmetros dos processos, bem como à análise da capacidade dos mesmos.

A estimação dos parâmetros de determinado processo pode ser efetuada com base nas equações apresentadas na tabela 2.4. No entanto, com as cartas de controlo obtidas no *Statistica* e representadas no anexo A, tem-se imediato acesso aos valores dos parâmetros do processo. Para o caso das "bolinhas" estes serão:

$$\hat{\mu} = \overline{\overline{X}} = 65,609$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{S}}{c_4} = 4,129$$

Para determinar a capacidade do processo considera-se a equação 2.17 do capítulo 2, visto que estamos perante produtos com especificações unilaterais. Sendo o limite inferior de especificação das "bolinhas" de 50 gramas, o seu índice de capacidade $(C_{pk})_I$ é então, tal como apresentado na equação 2.17:

$$(C_{pk})_I = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} = \frac{65,609 - 50}{3 * 4,129} = 1,260$$

A mesma linha de raciocínio foi utilizada para os restantes produtos, o que resultou na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Resumo da estimação dos parâmetros e cálculo do índice de Capacidade $(C_{pk})_I$

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Integral Grande	Integral Pequeno	Baguete Cereais
$\hat{\mu}$	65,609	63,404	64,403	117,850	72,553	97,780
$\hat{\sigma}$	4,129	3,515	3,116	4,444	3,143	4,523
LIE	50	50	50	100	60	80
$(C_{pk})_I$	1,260	1,271	1,541	1,339	1,331	1,310

Conforme referido no capítulo 2 (em 2.5.1), o valor de $(C_{pk})_I$ aceitável para uma especificação unilateral é de 1,25. Analisando a tabela 4.2 conclui-se então que todos os processos apresentam capacidade para produzir segundo as suas especificações técnicas.

4.3.3 Fase 2

Depois de aplicada a Fase 1 do SCP, na qual se verificou a estabilidade nos processos de produção associados aos diferentes tipos de pão, se estimou os parâmetros dos

mesmos, e se verificou que todos os processos são capazes de produzir segundo as suas especificações técnicas, foi então possível iniciar-se a Fase 2 para os diferentes processos.

O objetivo da Fase 2 do SPC é a monitorização dos processos de produção, e para a sua aplicação, serão utilizadas as cartas de controlo Z e W. A escolha recaiu sobre este tipo de cartas por estarmos perante processos nos quais o número de unidades produzidas é considerado suficientemente grande, ocorrendo a sua produção rapidamente em termos temporais.

Tal como para a Fase 1, nesta secção será apenas apresentado o desenvolvimento das cartas de controlo para as "bolinhas", sendo que no anexo D se encontram presentes os resultados dos restantes produtos, para os quais a linha de raciocínio foi idêntica.

Sendo o objetivo nesta fase a monitorização do processo, à medida que os dados vão sendo recolhidos vão sendo construídas as cartas de controlo Z e W, para que caso seja detetada alguma causa especial de variação as medidas necessárias à sua correção possam ser tomadas atempadamente.

Visto que estamos perante processos que dependem muito do trabalho manual dos operários, e que medidas que representassem um custo para a empresa não se colocam em equação, as medidas tomadas para corrigir eventuais causas especiais de variação resumem-se a avisos feitos aos trabalhadores sobre a sua existência.

De referir que a construção das cartas Z e W contempla geralmente os dados relativos a todas as características da qualidade analisadas. No entanto, neste caso em particular não se recolhem mais do que duas amostras consecutivas para o mesmo tipo de pão, pelo que se optou por construir este tipo de cartas em separado.

Terminada a implementação da Fase 2, as cartas de controlo Z e W obtidas para o processo de fabrico de "bolinhas" encontram-se nas figuras 4.7 e 4.8.

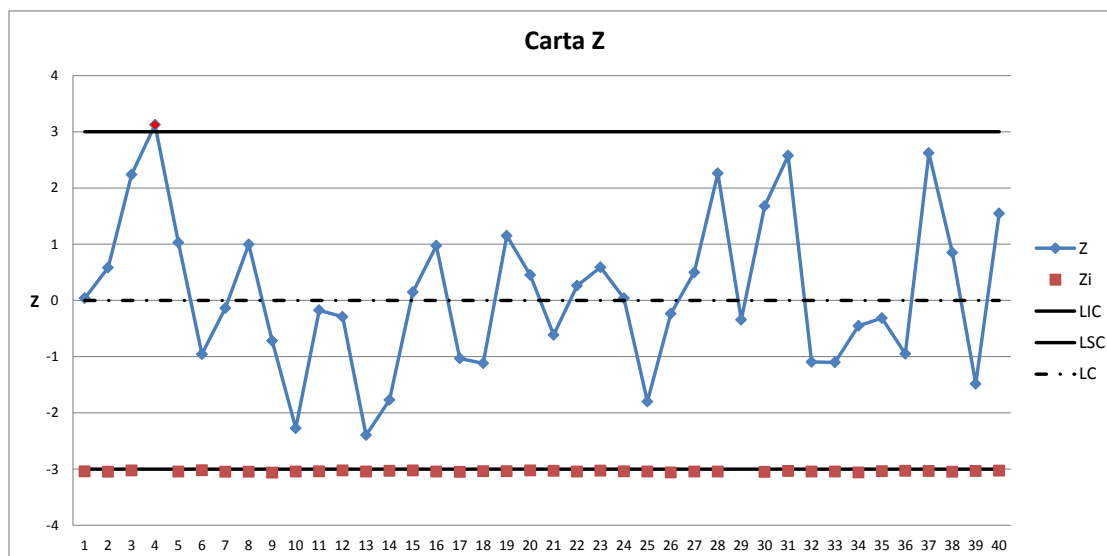


Figura 4.7: Carta de Controlo Z para o fabrico de "bolinhas"

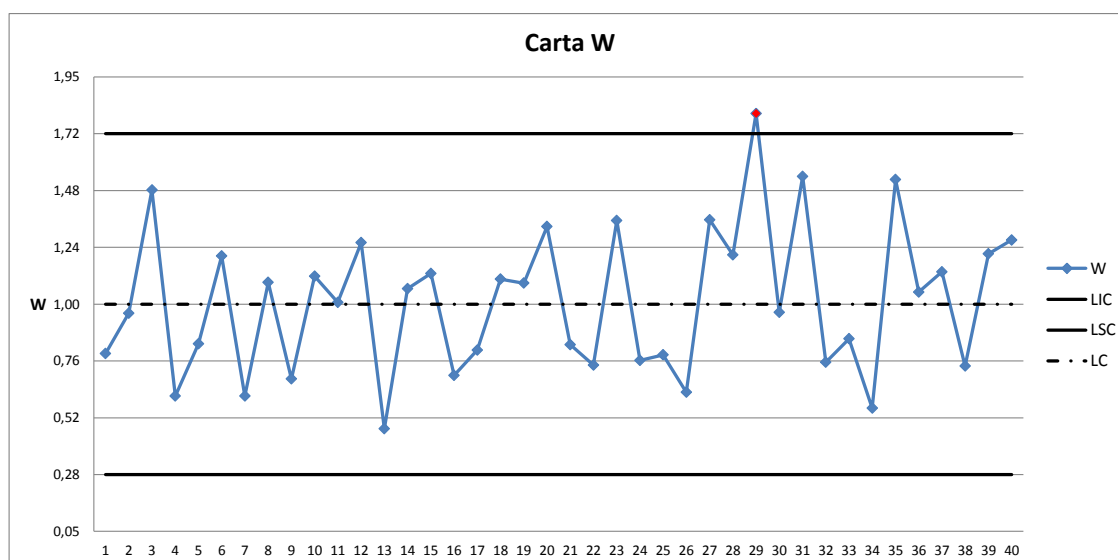


Figura 4.8: Carta de Controlo W para o fabrico de "bolinhas"

A primeira causa especial de variação verificou-se na 4ª amostra, ou seja, na 2ª noite de pesagens, visto que todas as noites são produzidos 2 diferentes lotes de "bolinhas". A causa especial ocorreu na carta Z, devido a um excesso no peso do pão. Os trabalhadores foram então alertados para esta situação, para que nas próximas pesagens não se verificasse a mesma situação.

A segunda causa especial de variação verificou-se na 29ª amostra, ou seja, na 15ª noite de monitorização do processo. Desta vez a causa especial ocorreu na carta W, devido a uma variabilidade excessiva na amostra recolhida. Mais uma vez os trabalhadores foram alertados sobre a situação verificada.

Relativamente à capacidade do processo, constata-se que o processo opera sempre

com índices de capacidade Z_i minimamente satisfatórios, na medida em que estes se encontram sempre abaixo do limite inferior de controlo na carta Z, pelo que o processo se apresenta sempre capaz de produzir de acordo com a sua especificação técnica.

A tabela resumo 4.3 ilustra as ocorrências de causas especiais verificadas para os processos associados aos diferentes tipos de pão, sendo que os números apresentados representam as amostras em que se verifica a sua ocorrência:

Tabela 4.3: Tabela resumo das as ocorrências de causas especiais verificadas para os processos associados aos diferentes tipos de pão

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Integral Grande	Integral Pequeno	Baguete Cereais
Carta Z	4	12	-	-	3	-
Carta W	29	-	-	4	-	-
Capacidade	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Analisando a tabela 4.3 constata-se a existência de mais 3 causas especiais de variação nos processo relativos às "carcaças" e "pão integral pequeno" (na carta Z), e "pão integral grande" (na carta W), além das verificadas anteriormente no processo relativo às "bolinhas". Relativamente à capacidade dos processos, estes revelaram-se ser sempre capazes ao longo de toda a monitorização.

4.3.4 Aplicação do SPC no Pão da Avó Comprido

A aplicação do SPC no "pão da avó comprido" seguiu uma metodologia diferente à dos restantes tipos de pão. Este tipo de pão é produzido conforme as encomendas pelo que, ao contrário dos restantes pães considerados, não apresenta uma produção de unidades regular, não dando garantias de dados suficientes à aplicação da Fase 1 e Fase 2. Assim, foram utilizadas as cartas de controlo $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$, para que se pudesse iniciar a monitorização do processo assim que possível.

Assumindo que todos os dados recolhidos relativos ao "pão da avó comprido" são independentes e identicamente distribuídos segundo uma distribuição Normal, procedeu-se então à construção das cartas de controlo $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$.

Para construir este tipo de cartas foi utilizado o *software Microsoft Office - Excel*. Conforme já enunciado a produção do "pão da avó comprido" é bastante irregular, pelo que nem em todas as noites de pesagens foi possível recolher dados sobre este pão. Tal como na monitorização do processo na Fase 2 nos restantes tipos de pão, sempre que se detete a ocorrência de uma causa especial de variação com a utilização das cartas $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$ os trabalhadores serão informados sobre a sua existência.

Terminada então a implementação do SPC no "pão da avó comprido", as cartas de controlo obtidas encontram-se nas figuras 4.9 e 4.10.

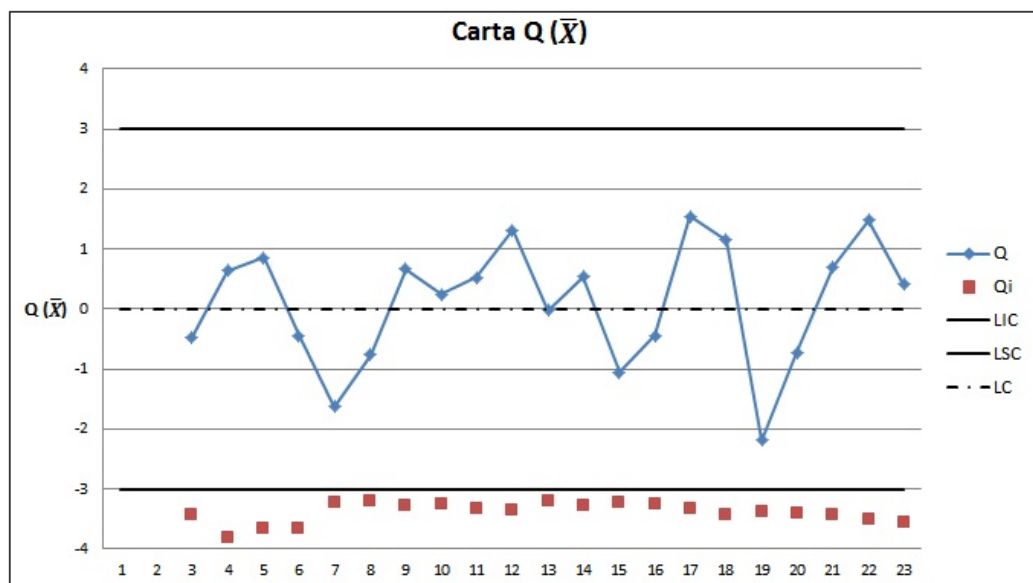


Figura 4.9: Carta de Controlo $Q(\bar{X})$ para o fabrico de "pão da avó comprido"

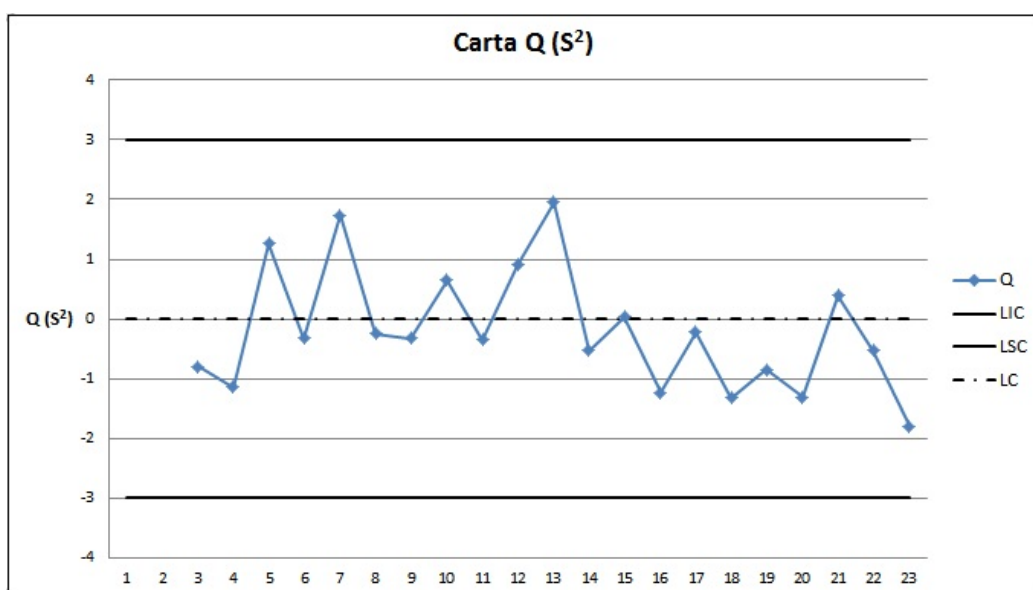


Figura 4.10: Carta de Controlo $Q(S^2)$ para o fabrico de "pão da avó comprido"

Analisando as cartas de controlo obtidas, verifica-se que não se registaram quaisquer causas especiais de variação quer na carta $Q(\bar{X})$, quer na carta $Q(S^2)$. De referir também que os valores para o índice de capacidade Q_I revelaram-se sempre dentro do pretendido, pelo que se pode afirmar que o processo tem capacidade para produzir de acordo com a sua especificação técnica.

4.3.5 Aplicação das Cartas CUSUM e EWMA

Estando perante processos produtivos associados a valores de variabilidade muito elevados, é de esperar que o processo sofra constantes alterações no que à sua média diz

respeito. Assim sendo, torna-se interessante com os dados disponíveis verificar o comportamento das cartas de controlo especiais, CUSUM e EWMA, de modo a averiguar se estes tipo de cartas se apresentam vantajosas ou como um bom complemento relativamente à carta Z.

Optou-se por não se utilizar as cartas de controlo especiais na monitorização do processo devido à sua natureza, enquadrando-se num processo de pequenas produções, pelo que as cartas de controlo Z e W serão, à partida, as cartas mais adequadas.

Tal como anteriormente, serão apenas apresentadas as cartas construídas com os dados referentes às "bolinhas" nas figuras 4.11 (CUSUM) e 4.12 (EWMA), encontrando-se as cartas referentes aos restantes tipos de pão nos anexos E e F.

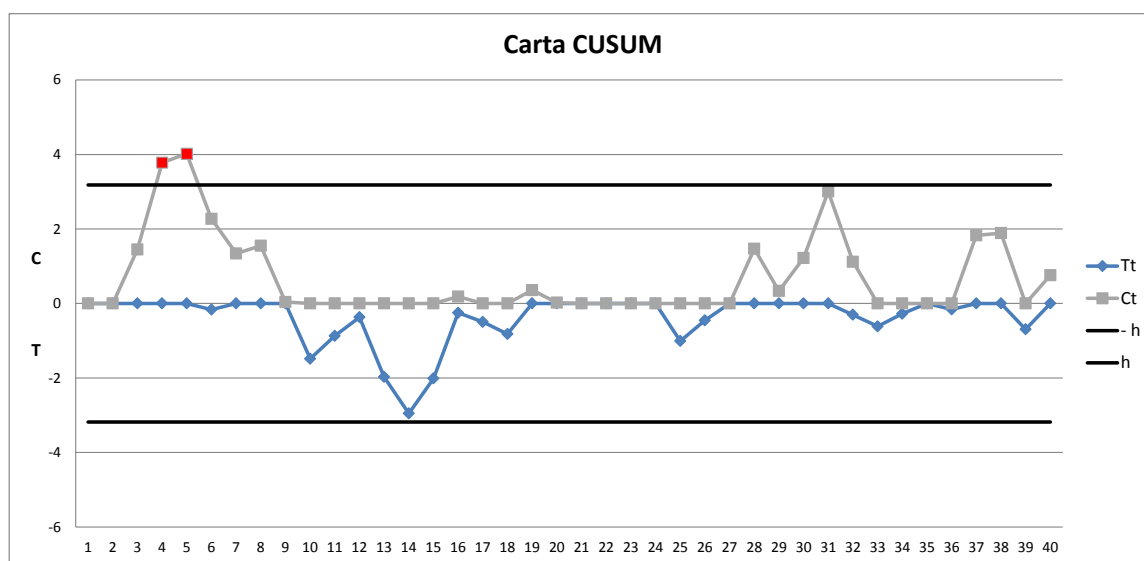


Figura 4.11: Carta de Controlo CUSUM para o fabrico de "bolinhas"

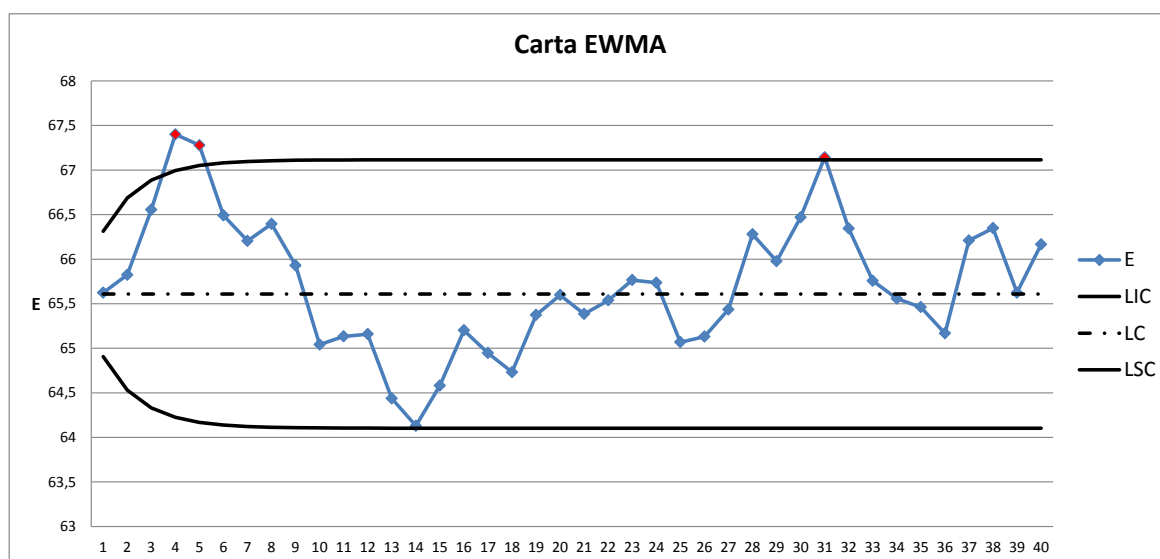


Figura 4.12: Carta de Controlo EWMA para o fabrico de "bolinhas"

Analisando as cartas de controlo obtidas verifica-se logo no início do processo (amostra nº4) um aumento da média, quer na carta CUSUM quer na carta EWMA, aumento este que também foi identificado como uma causa especial de variação na carta de controlo Z. Até ao final do processo a carta CUSUM não deteta mais nenhuma alteração no processo, ao passo que a carta EWMA deteta na amostra nº31 um aumento na média.

Na tabela resumo 4.4 são identificadas todas as ocorrências de alteração nos processos dos diferentes tipos de pão, nas cartas CUSUM e EWMA, sendo referido se a média dos processos sofreu um aumento ou uma diminuição:

Tabela 4.4: Tabela resumo das ocorrências de alteração nos processos associados aos diferentes tipos de pão, nas cartas CUSUM e EWMA

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Integral Grande	Integral Pequeno	Baguete Cereais
Carta Z	4	12	-	-	3	-
Carta CUSUM	4-5 (aumento)	2 (aumento) 21(decréscimo)	16 (decréscimo)	-	8 (aumento)	8;10-11 (decréscimo)
Carta EWMA	4-5; 31 (aumento)	2 (aumento) 21(decréscimo)	1 (aumento)	1 (aumento)	-	8;10 (decréscimo)

Pela análise da tabela 4.4 verifica-se que, das 3 causas especiais de variação detetadas com as cartas Z, as cartas de controlo especiais CUSUM e EWMA apenas conseguiram detetar uma, relativa ao processo de produção das "bolinhas"(amostra 4). Por sua vez, a carta Z também não consegue detetar a maior parte das perturbações no processo detetadas pelas cartas de controlo especiais.



Conclusões e Recomendações

O principal objetivo da presente dissertação baseava-se na aplicação do controlo estatístico do processo numa empresa com poucas preocupações relativamente à Qualidade, mais concretamente à variabilidade dos seus processos. Depois de efetuados alguns contactos surgiu a possibilidade de realizar o trabalho na Panificadora Modelo de Carnide, que vinha de encontro ao pretendido.

Inicialmente introduziu-se o tema SPC como importante metodologia no apoio à qualidade. Efetuou-se uma investigação teórica sobre o tema SPC, tendo numa primeira fase como base o recurso a livros científicos dos mais diversos autores, e posteriormente a artigos científicos publicados em jornais ou em revistas. Verificou-se que presentemente a ferramenta mais poderosa do SPC é a carta de controlo, pelo que foi a ferramenta escolhida para desenvolver o estudo pretendido.

Procedeu-se à caracterização da empresa, na qual foi descrita a sua evolução, a sua estrutura, o seu processo produtivo e a sua atuação sobre a qualidade, por forma a conhecer a empresa em toda a sua amplitude e obter conhecimentos aprofundados sobre a sua atividade.

Posteriormente analisou-se pormenorizadamente o processo geral de fabrico, constatando-se que a única característica dos produtos que seria interessante e viável de explorar era o peso, uma vez que iria permitir analisar a variabilidade dos processos, de perceber se a empresa está a produzir pão com o peso ao qual se propõe (caso não esteja sujeita a coimas e retenção de stock) e de se verificar a existência de eventuais desperdícios de material. Constatou-se também que as principais potenciais fontes de variabilidade no peso do produto final passíveis de atuação são a pesagem da massa feita pelos trabalhadores com o auxílio de uma balança de pesos e a divisão dos empelos de massa na máquina divisora.

Para a realização do estudo prático, estabeleceu-se um plano de recolha de dados caracterizado pela frequência de 2 amostras por noite de "bolinhas" e "carcaças", uma amostra por noite dos restantes, excetuando o "pão da avó comprido" cuja frequência é variável conforme a sua disponibilidade, e por amostras constituídas por 10 unidades. Devido a restrições temporais foram selecionados 7 diferentes tipos de pão para aplicar o SPC, sendo que nos pães com produção regular optou-se por utilizar cartas de controlo \bar{X} e S na Fase 1, e cartas Z e W na Fase 2, e no pão com produção intercalada a escolha recaiu sobre as cartas $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$. Finalmente foram construídas cartas de controlo especiais, para o controlo da média, CUSUM e EWMA, com os dados obtidos para os pães com produção regular, por forma a estabelecer um termo de comparação com a carta Z.

5.1 Conclusões do Estudo

Relativamente aos produtos com produção regular, a construção das primeiras cartas de controlo evidenciou a existência de causas especiais de variação em todos os tipos de pão considerados, pelo que se teve de proceder à sua remoção. Depois de removidas todas as causas especiais de variação, construíram-se novas cartas de controlo, que não revelaram quaisquer pontos fora de controlo, ou existência de padrões não-aleatórios. Verificou-se que os dados referentes a todos os tipos de pão seguiam uma distribuição aproximadamente normal, e calcularam-se os índices de capacidade dos processos, pelos quais se constatou que todos os processos considerados são capazes. De salientar que as "bolinhas" e as "carcaças" apresentam processos capazes, mas que os valores do seu índice de capacidade se encontram muito próximos de serem considerados inaceitáveis (C_{pk} superior, mas muito próximo de 1,25) sendo curiosamente os dois tipos de pão que são produzidos em maior número. Por outro lado, o processo produtivo das "vianas" revela um valor de C_{pk} superior a 1,50, apresentando-se como o processo mais capaz. Relativamente aos restantes processos para os pães fabricados com regularidade, os valores de C_{pk} situam-se entre 1,31 e 1,34.

Averiguada a capacidade de todos os processos e estimados os seus parâmetros procedeu-se à monitorização dos processos. Nesta fase desde cedo foram detetadas causas especiais de variação. No 2º dia (4ª amostra) detetou-se uma causa especial de variação na produção de "bolinhas", alertando-se os trabalhadores para um peso excessivo das mesmas. No 3º dia de monitorização verificou-se uma causa especial de variação na carta Z correspondente ao "pão integral pequeno", alertando-se desta vez os trabalhadores para um peso insuficiente neste tipo de pão. No 4º dia verificou-se a primeira ocorrência de uma causa especial de variação numa carta W correspondente ao processo de produção do "pão integral grande", alertando-se os trabalhadores para esta situação, sugerindo ou uma indevida utilização da máquina divisora, ou pesagens dos empelos pouco precisas. No 6º dia detetou-se novamente uma causa especial de variação na carta Z, correspondente à produção de "carcaças". Depois desta causa, alertou-se o responsável pela fábrica da existência de 4 causas especiais em 6 dias de monitorização por

forma a sensibilizar-se os trabalhadores para a realização de pesagens mais precisas e uniformes de dia para dia. Tomada esta ação corretiva, até ao fim da monitorização não se verificaram mais causas especiais na carta Z. Relativamente à carta W, até ao fim da monitorização verificou-se apenas mais uma causa especial de variação na 15ª noite (29ª amostra) correspondente ao processo produtivo de "bolinhas", sendo os trabalhadores informados da situação. Em relação aos índices de capacidade na fase de monitorização estes revelaram-se sempre aceitáveis e em consonância com os índices C_{pk} calculados na Fase 1, não sofrendo também grandes oscilações ao longo do tempo.

Relativamente ao "pão da avó comprido", não se registaram quaisquer problemas durante a sua monitorização. O processo para além de não apresentar causas especiais de variação nas cartas $Q(\bar{X})$ e $Q(S^2)$, apresentou-se sempre capaz, fruto dos valores positivos nos seus índices de capacidade. Ainda assim convém referir que os índices de capacidade sofreram algumas oscilações, apesar de tanto a estatística $Q(\bar{X})$ como a $Q(S^2)$ em momento algum estarem perto de ultrapassar os limites de controlo, o que pode indiciar alguma falta de sensibilidade nestas cartas na deteção de causas especiais de variação.

Finalmente, achou-se interessante construir as cartas CUSUM e EWMA, para perceber até que ponto seria interessante a aplicação de cartas de controlo especiais em conjunto com as cartas de controlo Z e W na monitorização do processo. Analisando os resultados obtidos, constatou-se que as cartas Z são mais eficientes na deteção de causas de variação repentinas, tal como verificado nas causas especiais de variação presentes na amostra 12 do processo de produção de "carcaças" e amostra 3 do processo de produção de "pão integral pequeno". Por sua vez, as cartas de controlo especiais revelam-se bastante mais efetivas em detetar tendências de acréscimo ou decréscimo nos parâmetros do processo, visto que de todas as alterações verificadas nos processos, as cartas Z apenas consideraram uma como sendo uma causa especial de variação. Assim sendo, acredita-se que teria sido vantajoso a aplicação de cartas de controlo especiais em conjunto com as cartas Z e W, na fase de monitorização.

Relativamente ao principal objetivo deste trabalho, a aplicação do SPC na empresa, pode-se concluir que este foi bem sucedido, verificando-se que todos os processos produtivos analisados apresentam qualidade no que à sua capacidade de produzir de acordo com as suas especificações técnicas diz respeito, apesar da alta variabilidade a que os processos estão sujeitos. Constatou-se também que, depois de tomadas as devidas ações correctivas, as causas especiais de variação na monitorização do processo foram atenuadas. Assim, com o trabalho realizado acredita-se que a empresa encontra-se agora mais consciencializada em produzir dentro das especificações técnicas estabelecidas, e que este permitiu identificar os principais pontos do processo responsáveis por eventuais causas especiais de variação.

5.2 Recomendações

A aplicação do SPC na Panificadora Modelo de Carnide permitiu verificar que a empresa consegue produzir dentro das especificações técnicas a que se propõe. No entanto, devido à alta variabilidade inerente aos seus processos produtivos, para que tal seja possível é necessário produzir com quantidades de matéria-prima muito acima do ideal.

Analisando, por exemplo, os parâmetros do processo das "bolinhas", facilmente se verifica que para que estas sejam produzidas dentro das suas especificações técnicas, é necessário um peso médio no produto final superior a 65 gramas, ou seja 15 gramas acima do seu limite inferior de especificação.

Assim sendo, recomenda-se à empresa a implementação de medidas que passem por reduzir a variabilidade nos seus processos, principalmente no que à precisão das pesagens e divisão do pão diz respeito.

Alguns fatores de dificuldade à precisão das pesagens da massa são:

- Velocidade com que os trabalhadores têm de pesar a massa, para que não se verifiquem quebras na produção.
- Balanças utilizadas na pesagem da massa são bastante rudimentares (balanças de pesos).
- Estado da massa quando é levada a pesar, que apesar de ser perfeitamente moldável, não é o mais indicado para a pesagem.
- Máquina divisora de empelos, que pelas suas características não divide os empelos de maneira totalmente homogénea.

Assim, recomenda-se à Panificadora Modelo de Carnide considerar o investimento em maquinaria que permita efetuar dosagens adequadas da massa. Deste jeito, para além da dosagem da massa ser feita automaticamente, o que iria prevenir eventuais quebras no processo, a variabilidade da massa utilizada para produzir o pão iria reduzir drasticamente. Isto iria permitir à empresa operar com valores bem mais próximos do seu limite inferior de especificação, evitando o desperdício de matéria-prima que se verifica atualmente.

5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

Sugere-se para trabalhos futuros a aplicação do SPC em empresas como a Panificadora Modelo de Carnide ao nível do estudo multivariado, mais concretamente com a aplicação das cartas T2. Ao nível deste tipo de empresas é bastante difícil criar as condições necessárias a este tipo de estudo, pelo que acredita-se que a aplicação desta vertente do SPC seria uma mais-valia.

Seria também interessante estudar os restantes processos na Panificadora Modelo de Carnide, e verificar se existem processos com dados não Normais, o que levaria à aplicação de conceitos não explorados na presente dissertação.

Sugere-se também um estudo da qualidade ao nível de satisfação do cliente, como por exemplo, um estudo estatístico acerca do sabor do pão, com base em inquéritos.

Sugere-se finalmente a aplicação de outras matérias da Qualidade e além da Qualidade, tal como a Logística, na Panificadora Modelo de Carnide. A Logística seria muito interessante de analisar, tendo em conta a forte componente de distribuição verificada na empresa. Um estudo do ponto de vista de otimização dos processos (tempos de ciclo por exemplo) também seria um estudo a ter em conta, e de potencial valorização para a empresa.

Bibliografia

- Abbott, L. (1955). *Quality and competition: An essay in economic theory*. Columbia University Press.
- Apte, U. M. and Reynold, C. C. (1995). Quality management at kentucky fried chicken. *Interfaces*, 25:6–21.
- Benneyan, J. C. and Chute, A. D. (1993). Spc process improvement and the deming pdca circle in freight administration. *Production and Inventory Management Journal*, 34:35–40.
- Box, G. E. and Wilson, K. B. (1951). On the experimental attainment of optimum conditions. *Journal of the Royal Statistical Society Series*, 13:1–45.
- Braverman, J. D. (1981). *Fundamentals of Statistical Quality Control*. Prentice Hall, New Jersey.
- Chase, R. B., Aquilano, N. J., and Jacobs, F. (1998). *Production and Operation Management: Manufacturing and Services*. 8th Edition - Irwin/McGraw-Hill, USA.
- Chaudhry, S. S. and Higbie, J. R. (1989). Practical implementation of statistical process control in a chemical industry. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 6:37–48.
- Chen, F. T. (1991). Quality management in the chain saw industry: a case study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 8:31–39.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. McGraw-Hill, New York.
- Dale, B. G. and Shawn, P. (1989). The application of statistical process control in uk automotive manufacture: Some research findings. *Quality and Reliability Engineering International*, 5:5–15.
- Dedolter, J. and Burril, C. W. (1999). *Statistical Quality Control: Strategies and Tools for Continual Improvement*. John Wiley & Sons, New York.

- Doty, L. A. (1996). *Statistical Process Control*. 2nd edition - Industrial Press Inc., New York.
- Duncan, A. J. (1986). *Quality Control Industrial Statistics*. 5th Edition - Irwin, Homewood.
- Evans, J. R. and Lindsay, W. M. (1999). *The Management and Control of Quality*. 4th Edition - South-Western College Publishing, Ohio.
- Farnum, N. R. (1997). Using johnson curves to describe non-normal process data. *Quality Engineering*, 9:39–136.
- Feigenbaum, A. V. (1951). *Quality control: principles, practice and administration*. McGraw-Hill.
- Feigenbaum, A. V. (1961). *Total Quality Control*. McGraw-Hill, New York.
- Feigenbaum, A. V. (1982). Quality and business growth today. *Quality Progress*, 15:22–25.
- Gilmore, H. (1974). Product conformance cost. *Quality Progress*, 7:16–19.
- Gomes, P. J. (2004). A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufacturados aos serviços de informação. *Cadernos BAD*, (2):6–18.
- Grant, E. L. and Leavenworth, R. S. (1996). *Statistical Quality Control*. 7th Edition - McGraw-Hill, New York.
- Gronroo, C. (1983). *Strategic management and marketing in the service sector*. MA:Marketing Science Institute.
- Guh, R. and Tannock, J. (1999). Recognition of control charts concurrent patterns using a narrow network. *International Journal of Production Research*, 37:1743–1765.
- Johnson, N. L. (1949). Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, 36:149–176.
- Juran, J. (1999). *Juran's Quality Control Handbook*. 5th Edition - McGraw-Hill, New York.
- Juran, J. M. (1997). *A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços*. Cengage Learning Editiores, São Paulo.
- Juran, J. M. and Gryna, F. M. (1993). *Quality Control Handbook*. 3rd Edition - McGraw-Hill, New York.
- Juran, J. W. and Gryna, F. M. (1988). *Juran's quality control handbook*. 4th Edition - McGraw-Hill.
- Kolarik, W. (1995). *Creating Quality: Concepts, Systems, Strategies and Tools*. McGraw-Hill International Editions.
- Kumar, S. and Gupta, Y. P. (1993). Statistical process control at motorola's austin assembly plant. *Interfaces*, 23:84–92.

- Lascelles, D. M. and Dale, B. G. (1988). A study of the quality management methods employed by uk automotive suppliers. *Quality and Reliability Engineering International*, 4:301–309.
- Levitt, T. (1972). Production-line approach to service. *Harvard Business Review*, 50:41–52.
- Lilliefors, H. W. (1967). On the kolmogorov-smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62:399–402.
- Massey, F. (1951). The kolmogorov-smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46:68–78.
- Mast, J. (2008). A history of industrial statistics and quality and efficiency improvement. In *Statistical Practice in Business and Industry*, pages 15–27. John Wiley & Sons, West Sussex.
- Montgomery, D. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*. 5th edition - Wiley & Sons, New York.
- Montgomery, D., Coleman, S., Greenfield, T., and Stewardson, D. (2008). *Statistical Practice in Business and Industry*. John Wiley & Sons, New York.
- Nong, Y. (2003). *The Handbook of Data Mining*. Human Factor and Ergonomics, New Jersey.
- Oakland, J. S. (2008). *Statistical Process Control*. 6th Edition - Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Palm, A. (2000). Discussion: Controversies and contradictions in statistical process control. *Journal of Quality Tecnology*, 32:356–360.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., and Berry, L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49:41–50.
- Pereira, Z. L. and Requeijo, J. G. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. 2ª edição - Fundação FCT, Lisboa.
- Pires, A. R. (2004). *Qualidade - Sistema de Gestão da Qualidade*. 3ª edição - Edições Sílabo, Lda, Lisboa.
- Psydek, T. (1999). *Quality Engineering Handbook*. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Quesenberry, C. P. (1997). *SPC Methods for Quality Improvement*. John Wiley & Sons, New York.
- Reeves, A. and Bednar, D. (1994). Defining quality:alternatives and implications. *The Academy of Management Review*, 19:419–445.

- Revelle, J. B. (2004). *Quality Essentials: A Reference Guide form A to Z*. American Society for Quality, Milwaukee.
- Ross, P. J. (1989). *Taguchi techniques for quality engineering*. McGraw-Hill.
- Shewart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. American Society for Quality Control.
- Slifker, J. F. and Shapiro, S. S. (1980). The johnson system : selection and parameter estimation. *Technometrics*, 22:239–246.
- Stapenhurst, T. (2005). *Mastering Statistical Process Control*. Butterworth - Heinemann, Oxford.
- Syrett, H. C. (1966). *The papers of Alexander Hamilton*. Columbia University Press.
- Statistica 8.0 (2007). Statsoft®. (Software de métodos estatísticos utilizado na realização da dissertação).
- Wadsworth, H., Stephens, K., and Godfrey, A. (1985). *Modern methods for quality control and improvement*. John Wiley and Sons.
- Walton, M. (1986). *The Deming Management Method*. Putnam, New York.
- Welsh, F. (1997). Charting new territory. *Quality Progress*, 30:63–66.
- Wheeler, D. J. (2004). *Advanced Topics in Statistical Process Control*. 2nd Edition - SPC Press, Knoxville.
- Wilkinson, A., Redman, T., Snape, E., and Marchington, M. (1998). *Managing With Total Quality Manegement:theory and practice*. McMillan, New York.
- Woodall, W. H. (2000). Controversies and contradictions in statistical process control. *Journal of Quality Technology*, 32:341–350.
- Zeithaml, V. A., Parasuraman, A., and Beery, L. (1990). *Delivering quality service*. Free Press.



Anexos



Cartas da Fase 1

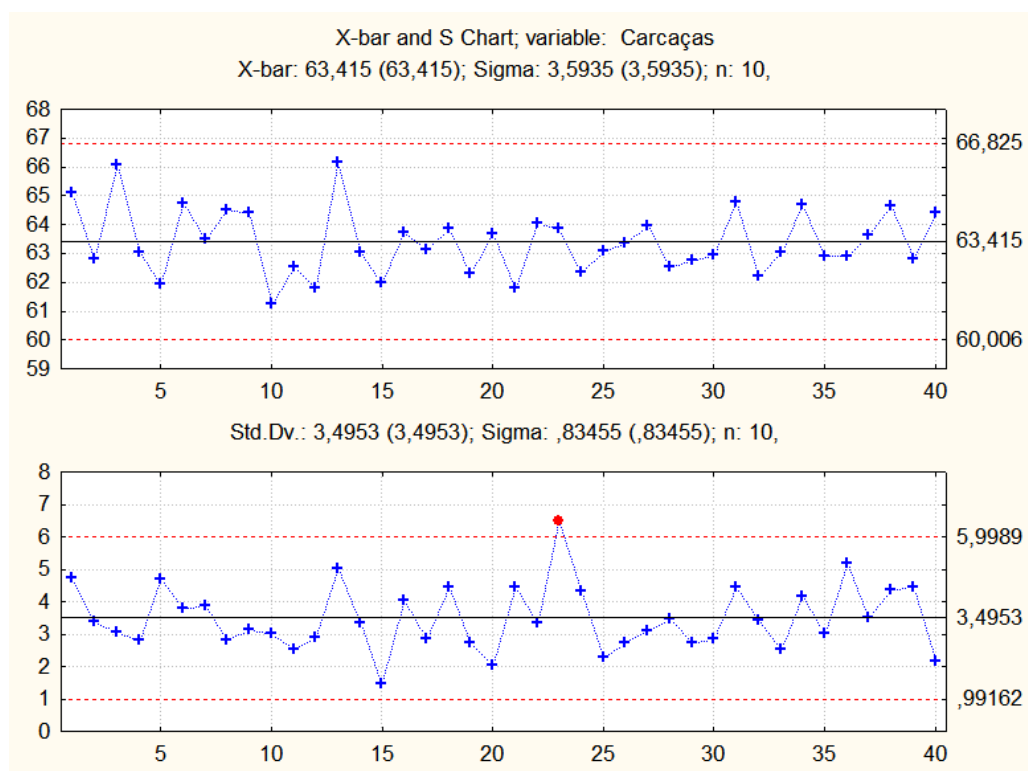


Figura A.1: Carta da fase 1 - Carcaça (com causas especiais de variação)

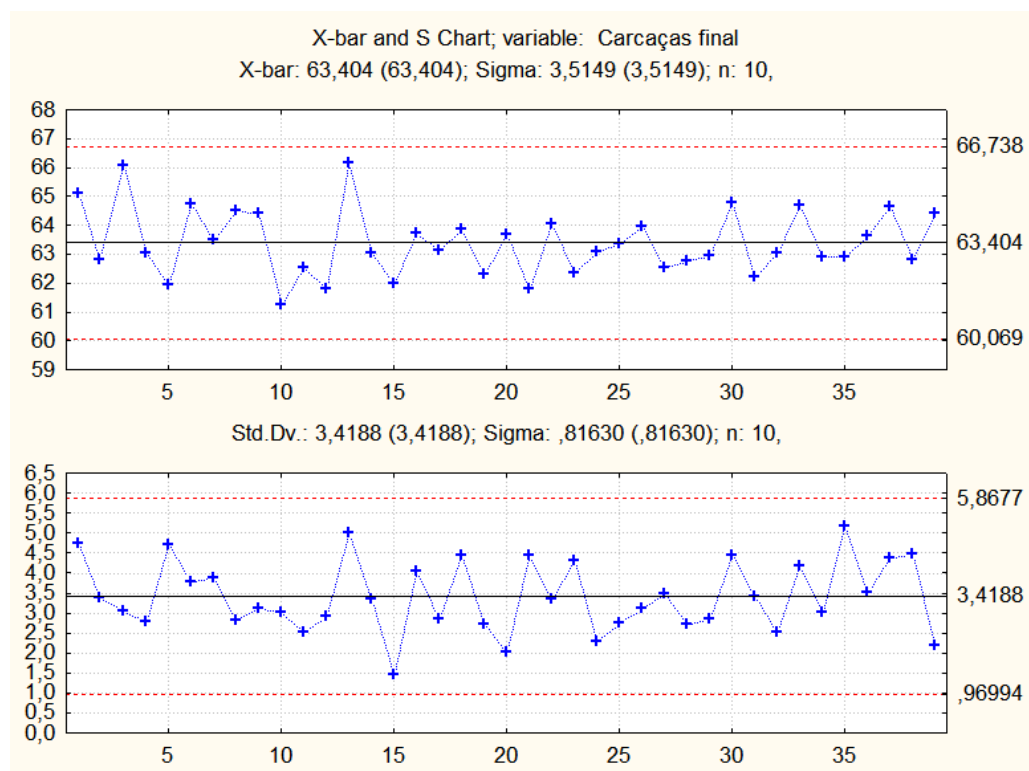


Figura A.2: Carta da fase 1 - Carcaça (sem causas especiais de variação)

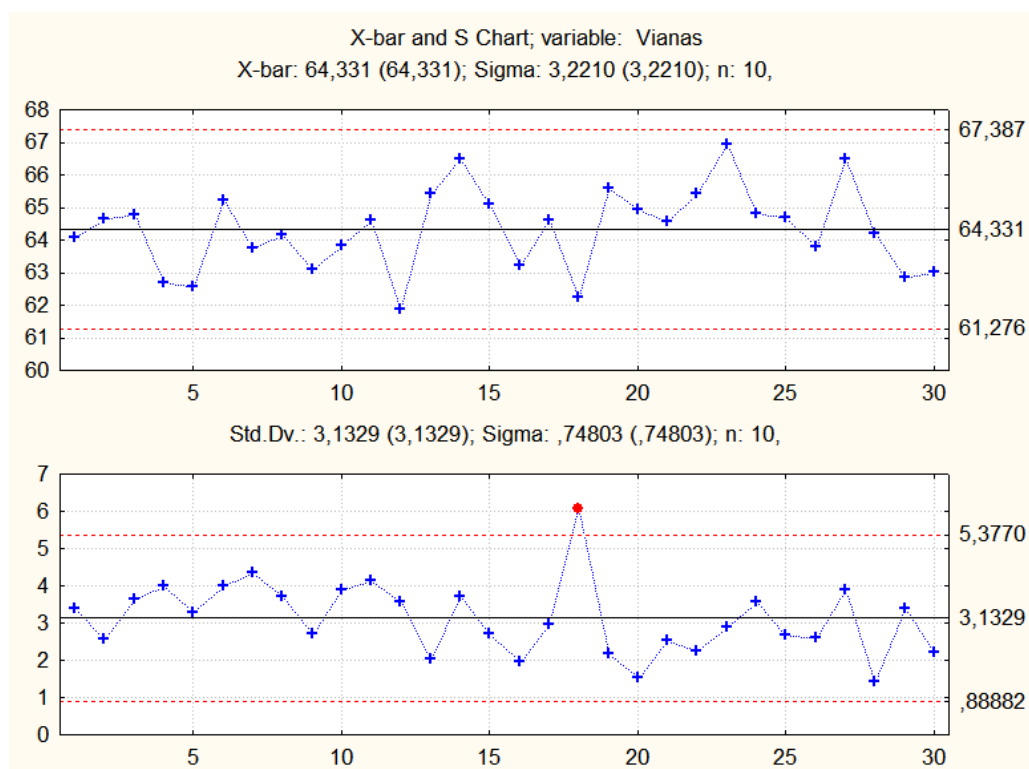


Figura A.3: Carta da fase 1 - Vianas (com causas especiais de variação)

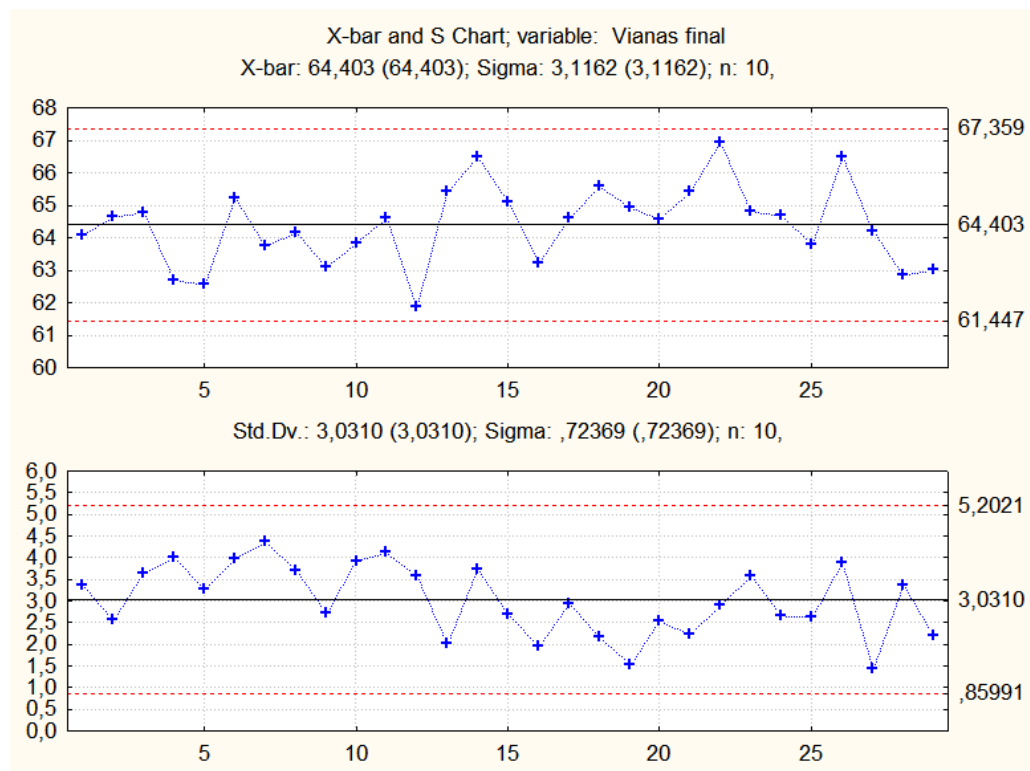


Figura A.4: Carta da fase 1 - Vianas (sem causas especiais de variação)

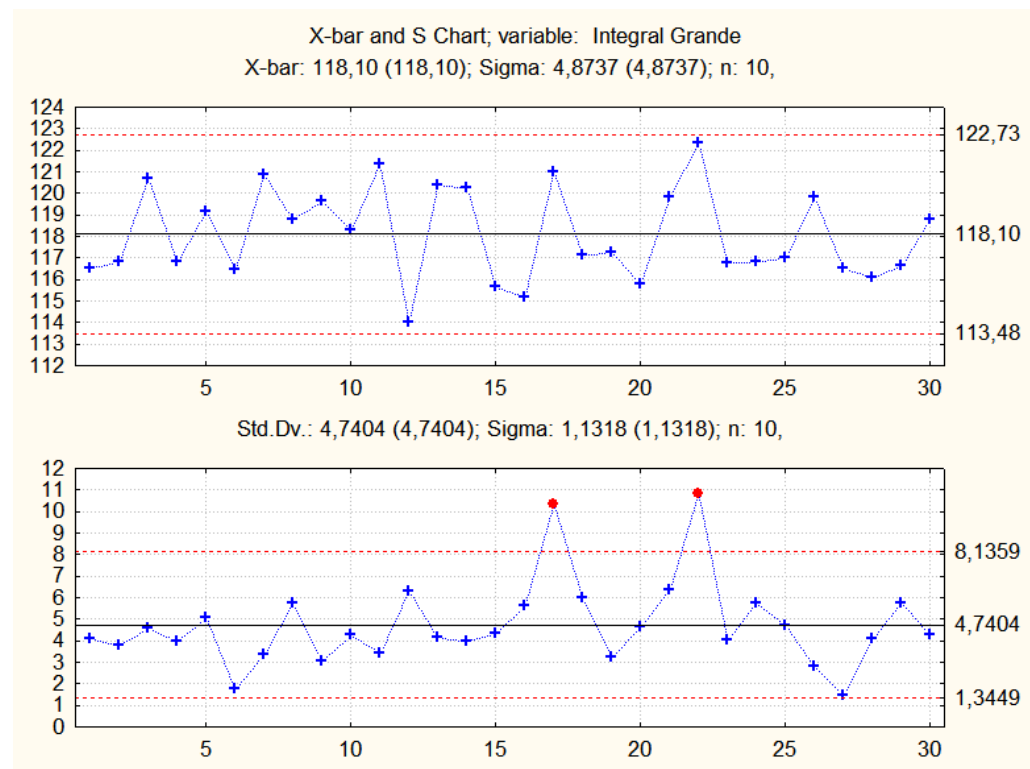


Figura A.5: Carta da fase 1 - Integral Grande (com causas especiais de variação)

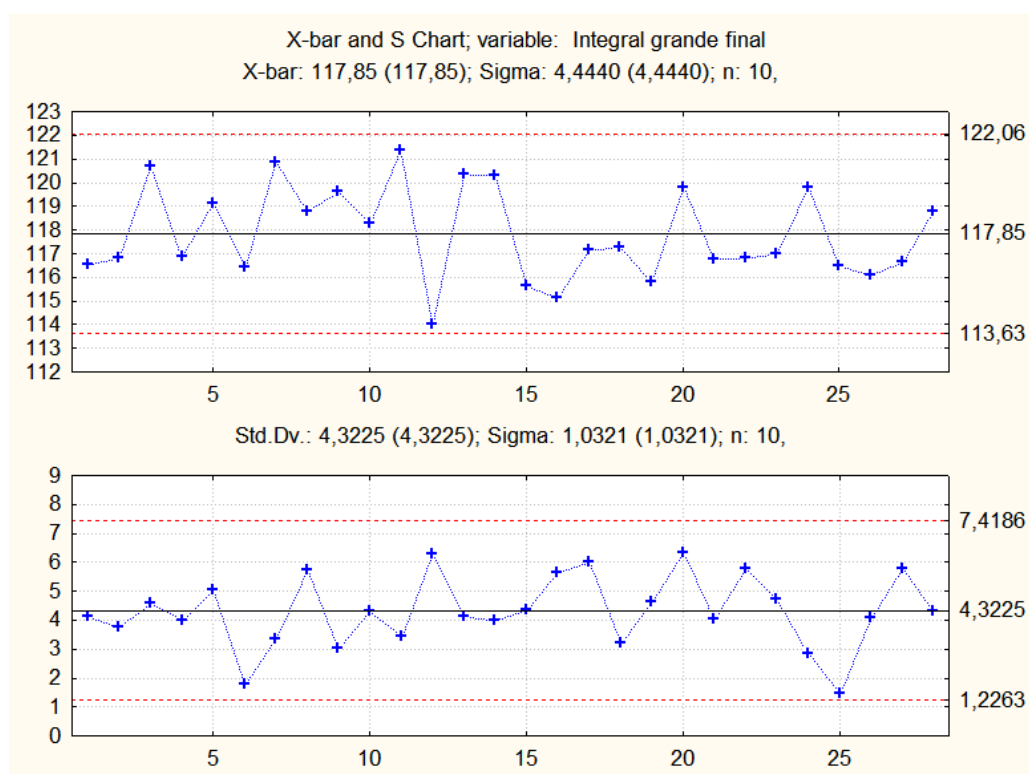


Figura A.6: Carta da fase 1 - Integral Grande (sem causas especiais de variação)

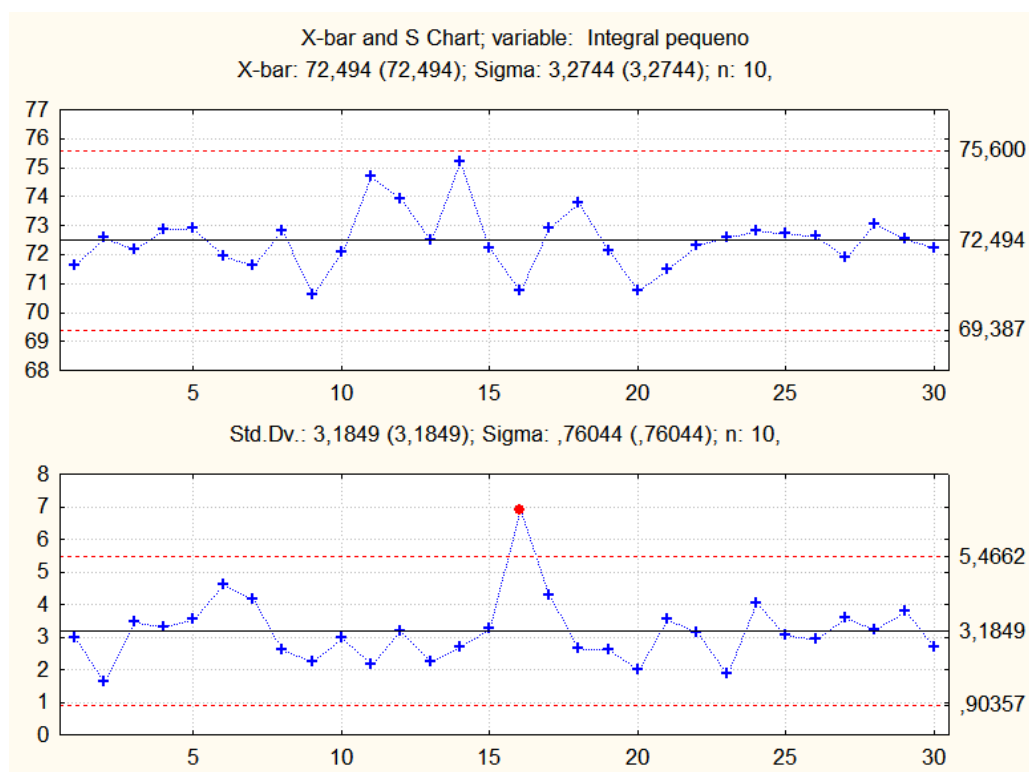


Figura A.7: Carta da fase 1 - Integral Pequeno (com causas especiais de variação)

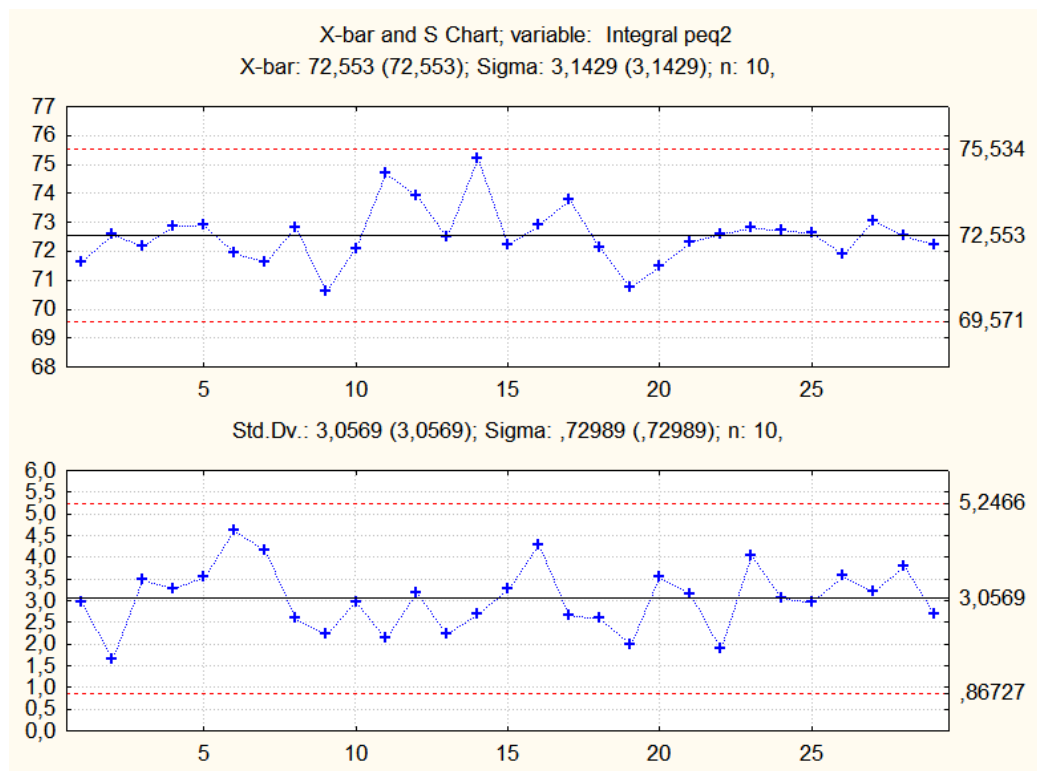


Figura A.8: Carta da fase 1 - Integral Pequeno (sem causas especiais de variação)

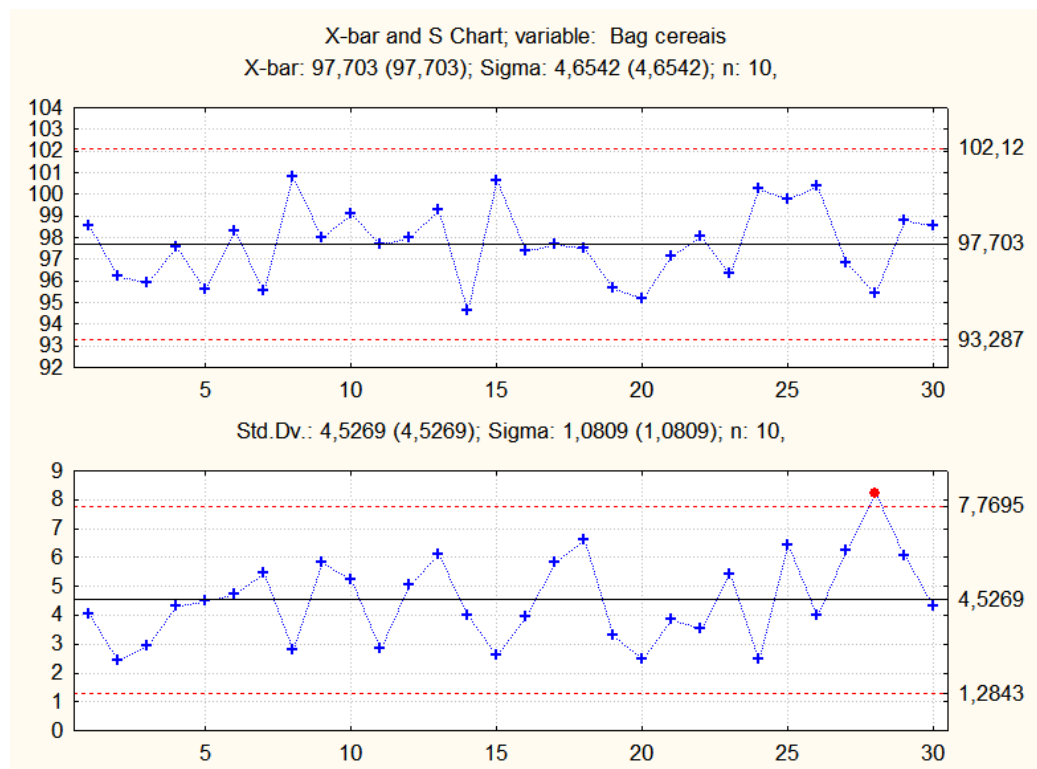


Figura A.9: Carta da fase 1 - Baguete de Cereais (com causas especiais de variação)

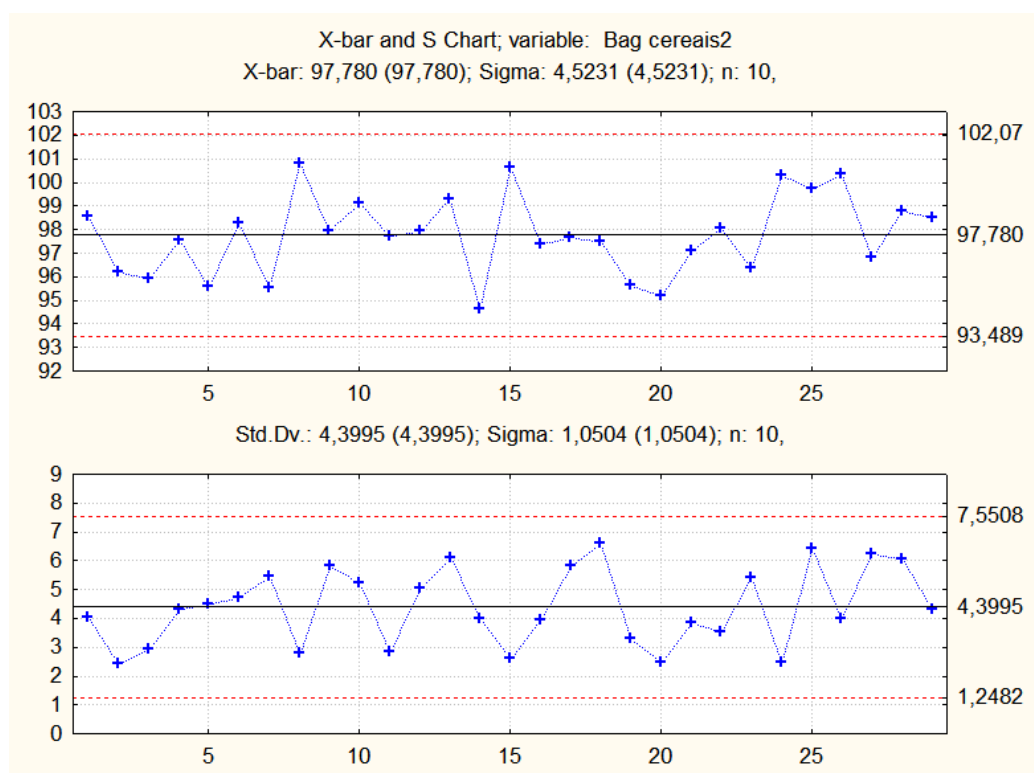


Figura A.10: Carta da fase 1 - Baguete de Cereais (sem causas especiais de variação)



Verificação de padrões não aleatórios

		Carcaças final ; Runs Tests (erfsefwe)		
		X-bar Chart		
		Center line: 63,403590 Sigma: 1,111521		
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma		from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample		
9 samples on same side of center	OK	OK		
6 samples in row in/decreasing	OK	OK		
14 samples alternating up & down	OK	OK		
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK		
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK		
15 samples in Zone C	OK	OK		
8 samples beyond Zone C	OK	OK		

Figura B.1: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Carcaças

		Carcaças final ; Runs Tests (erfsefwe)	
		S Chart	
		Center line: 3,418837 Sigma: 0,816298	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura B.2: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Carcaças

		Vianas final ; Runs Tests (erfsefwe)	
		X-bar Chart	
		Center line: 64,403103 Sigma: 0,985426	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura B.3: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Vianas

		Vianas final ; Runs Tests (erfsefwe)	
		S Chart	
		Center line: 3,030990 Sigma: 0,723694	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura B.4: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Vianas

		Integral grande final ; Runs Tests (erfsefwe) X-bar Chart Center line: 117,848571 Sigma: 1,405310			
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to			
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample			
9 samples on same side of center	OK	OK			
6 samples in row in/decreasing	OK	OK			
14 samples alternating up & down	OK	OK			
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK			
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK			
15 samples in Zone C	OK	OK			
8 samples beyond Zone C	OK	OK			

Figura B.5: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Integral Grande

		Integral grande final ; Runs Tests (erfsefwe) X-bar Chart Center line: 117,848571 Sigma: 1,405310			
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to			
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample			
9 samples on same side of center	OK	OK			
6 samples in row in/decreasing	OK	OK			
14 samples alternating up & down	OK	OK			
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK			
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK			
15 samples in Zone C	OK	OK			
8 samples beyond Zone C	OK	OK			

Figura B.6: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Integral Grande

		Integral peq2 ; Runs Tests (erfsefwe) X-bar Chart Center line: 72,552759 Sigma: 0,993859			
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to			
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample			
9 samples on same side of center	OK	OK			
6 samples in row in/decreasing	OK	OK			
14 samples alternating up & down	OK	OK			
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK			
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK			
15 samples in Zone C	OK	OK			
8 samples beyond Zone C	OK	OK			

Figura B.7: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Integral Pequeno

		Integral peq2 ; Runs Tests (erfsefwe)	
		S Chart	
		Center line: 3,056931 Sigma: 0,729888	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura B.8: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Integral Pequeno

		Bag cereais2 ; Runs Tests (erfsefwe)	
		X-bar Chart	
		Center line: 97,780345 Sigma: 1,430340	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura B.9: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta \bar{X} - Baguete de Cereais

		Bag cereais2 ; Runs Tests (erfsefwe)	
		S Chart	
		Center line: 4,399465 Sigma: 1,050438	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma	from	to	
Tests for special causes (runs rules)	sample	sample	
9 samples on same side of center	OK	OK	
6 samples in row in/decreasing	OK	OK	
14 samples alternating up & down	OK	OK	
2 of 3 samples in Zone A or beyond	OK	OK	
4 of 5 samples in Zone B or beyond	OK	OK	
15 samples in Zone C	OK	OK	
8 samples beyond Zone C	OK	OK	

Figura B.10: Identificação de Padrões Não Aleatórios na Carta S - Baguete de Cereais



Verificação da Normalidade

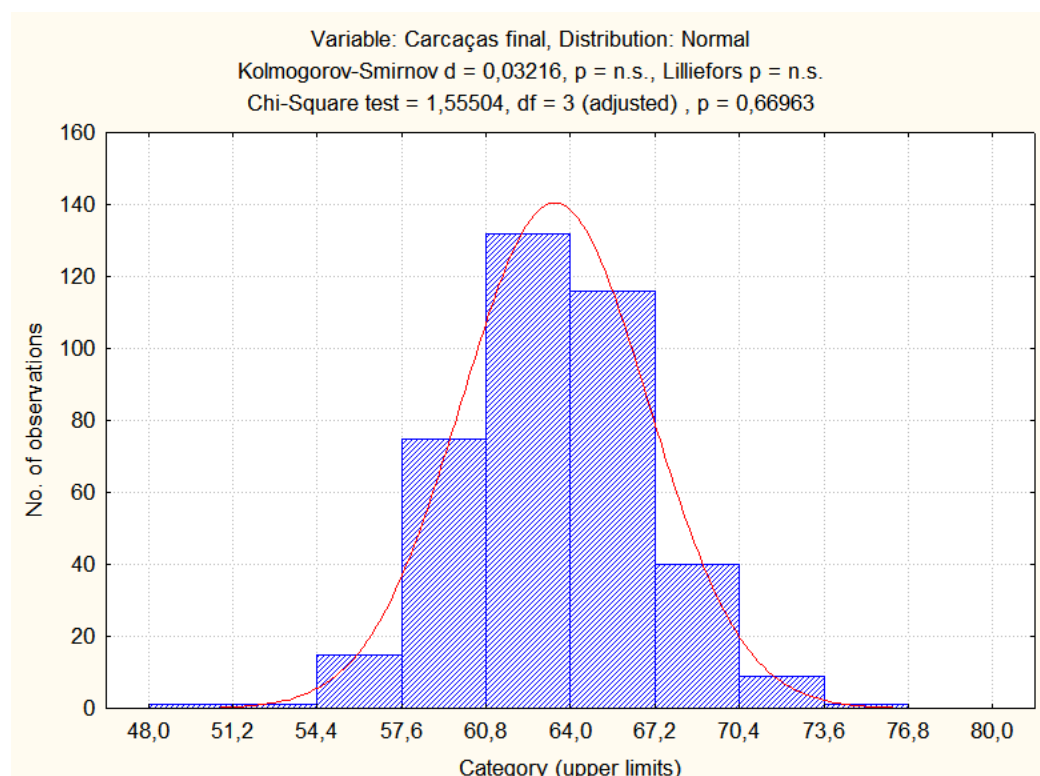


Figura C.1: Análise da Normalidade dos dados - Carcaças

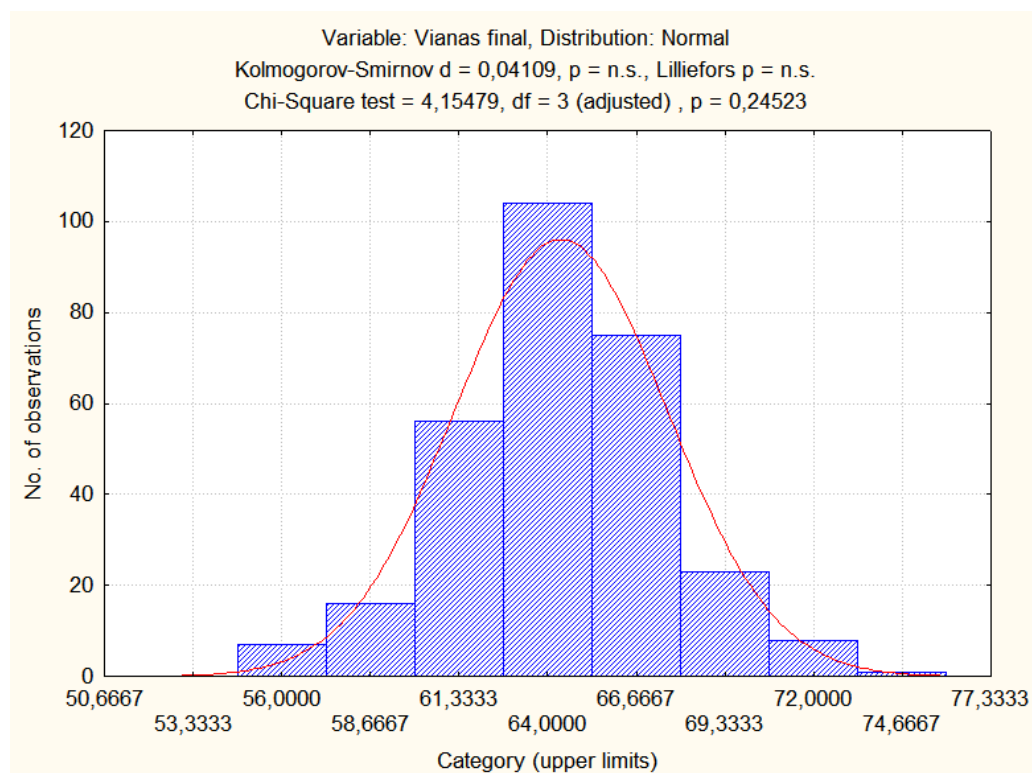


Figura C.2: Análise da Normalidade dos dados - Vianas

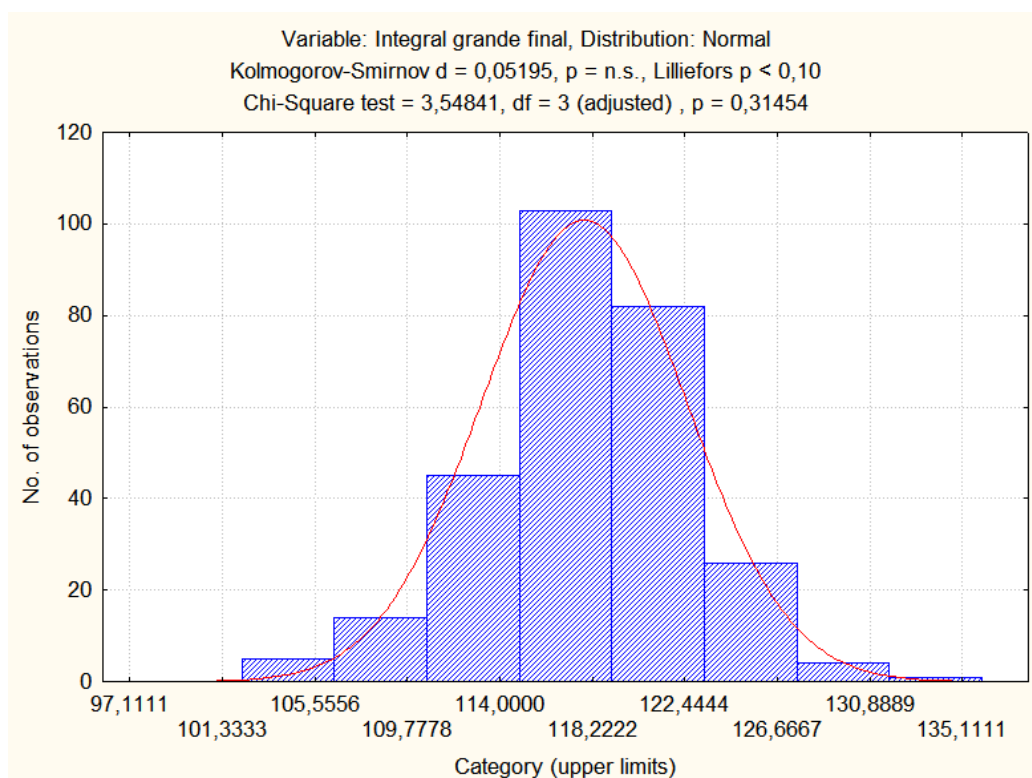


Figura C.3: Análise da Normalidade dos dados - Integral Grande

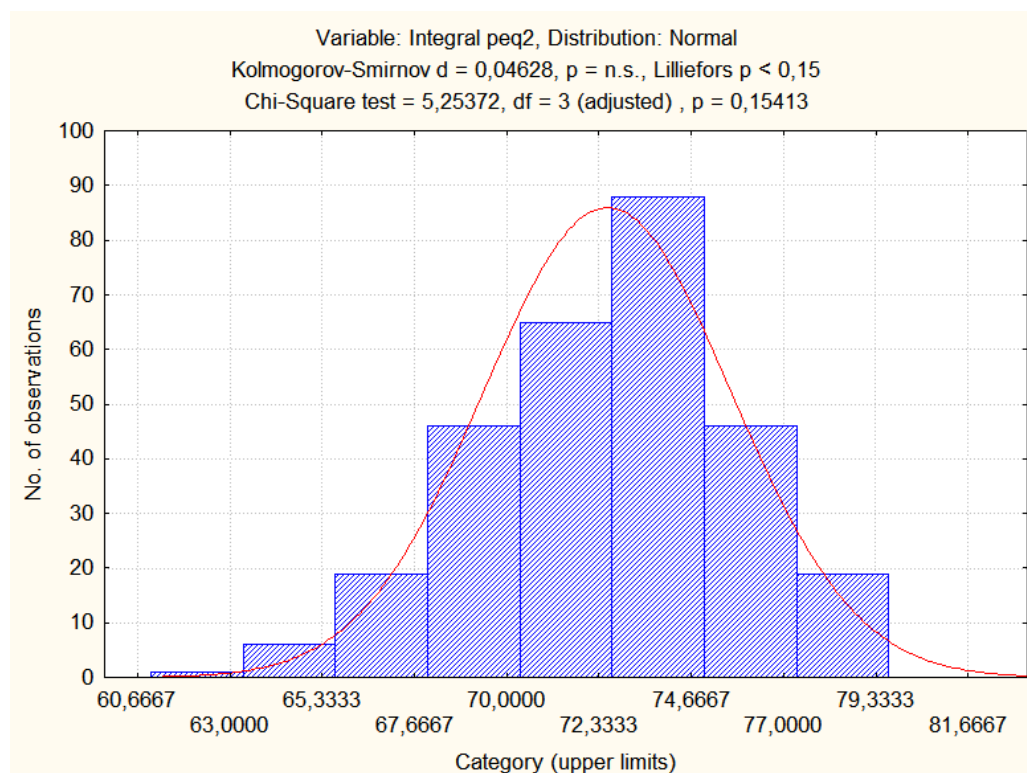


Figura C.4: Análise da Normalidade dos dados - Integral Pequeno

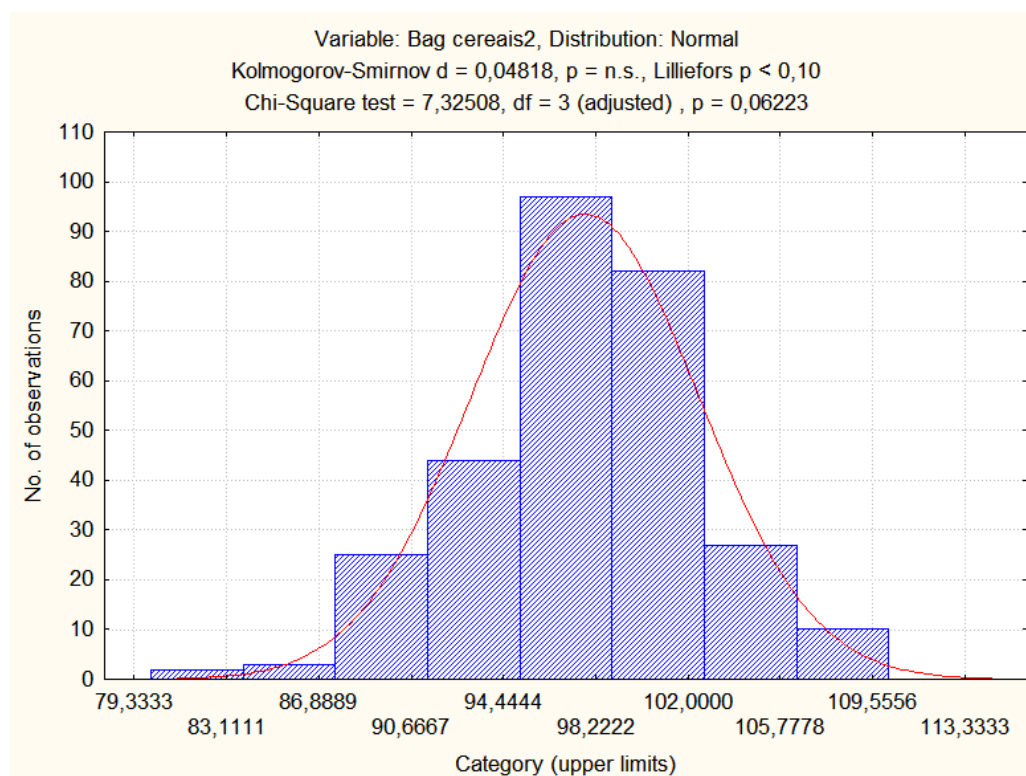


Figura C.5: Análise da Normalidade dos dados - Baguete de Cereais



Cartas Z e W

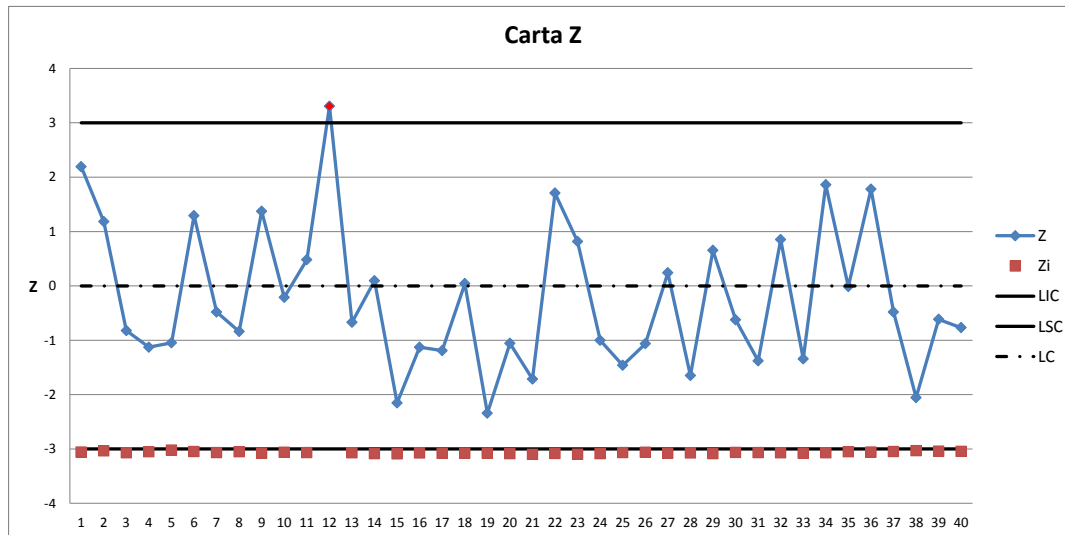


Figura D.1: Carta Z - Carcaça

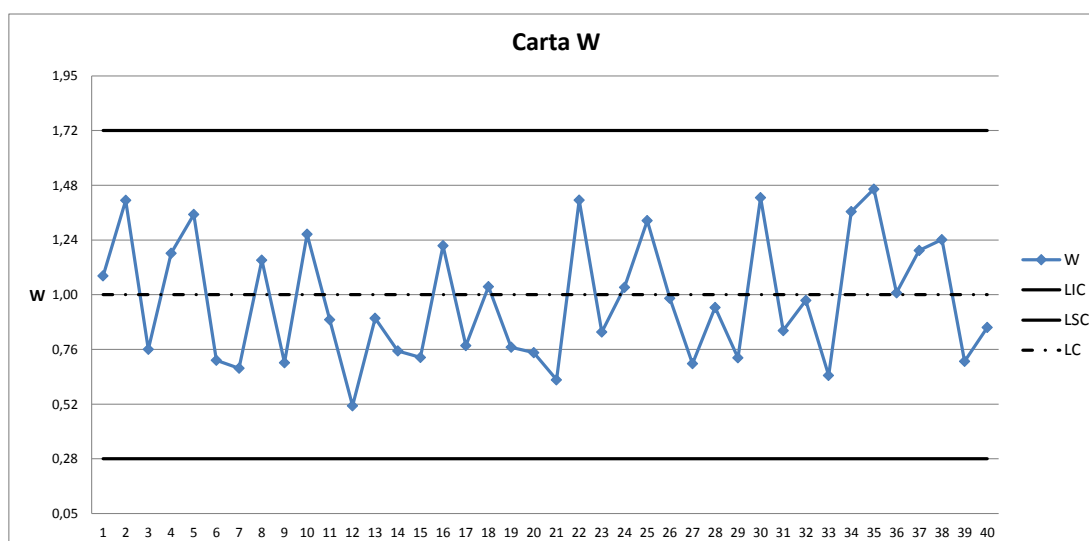


Figura D.2: Carta W -Carcaça

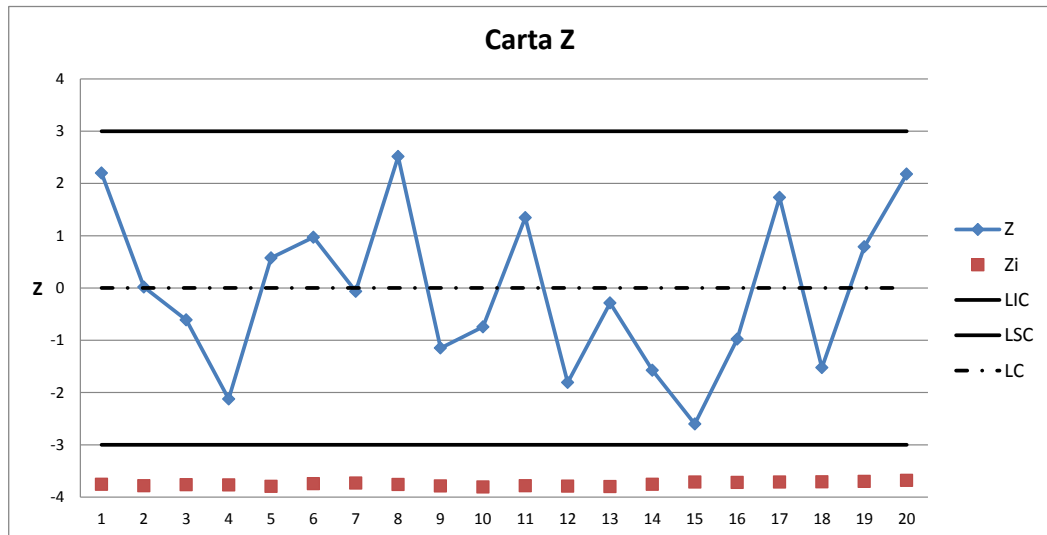


Figura D.3: Carta Z - Vianas

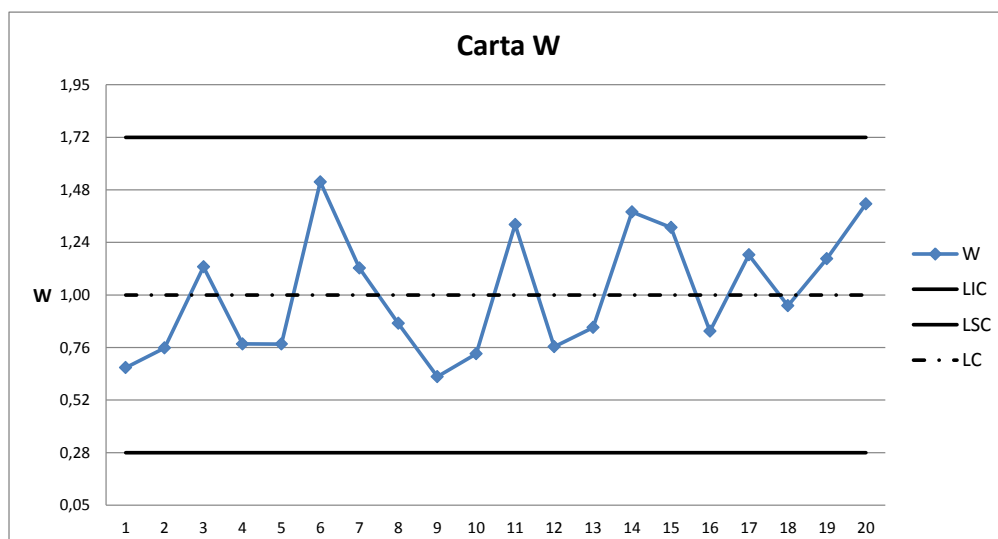


Figura D.4: Carta W - Vianas

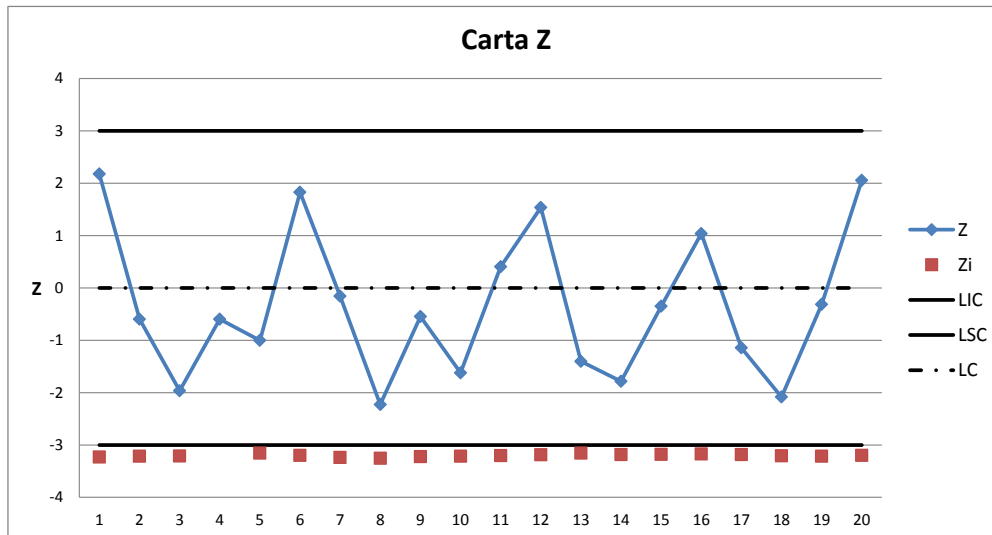


Figura D.5: Carta Z - Integral Grande

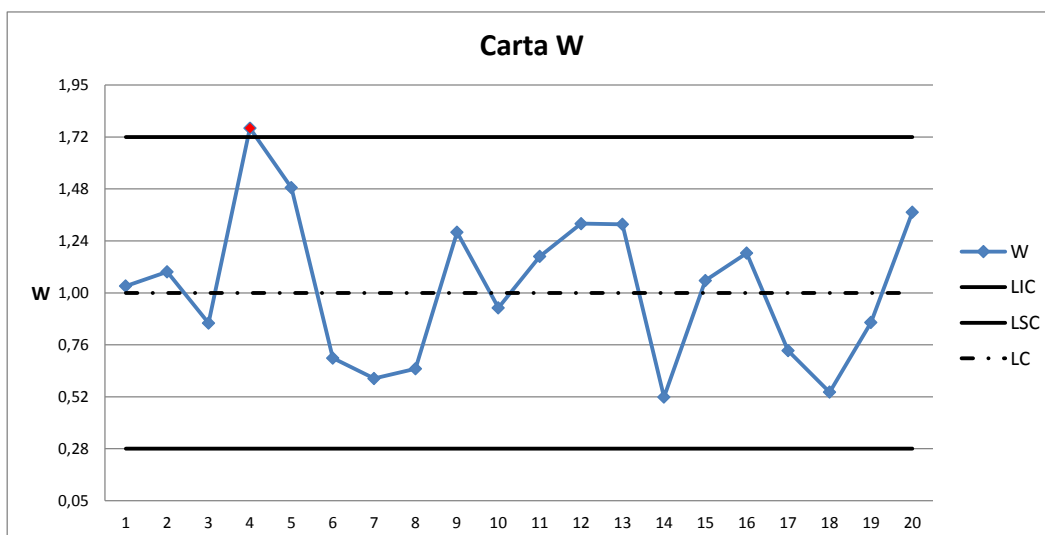


Figura D.6: Carta W - Integral Grande

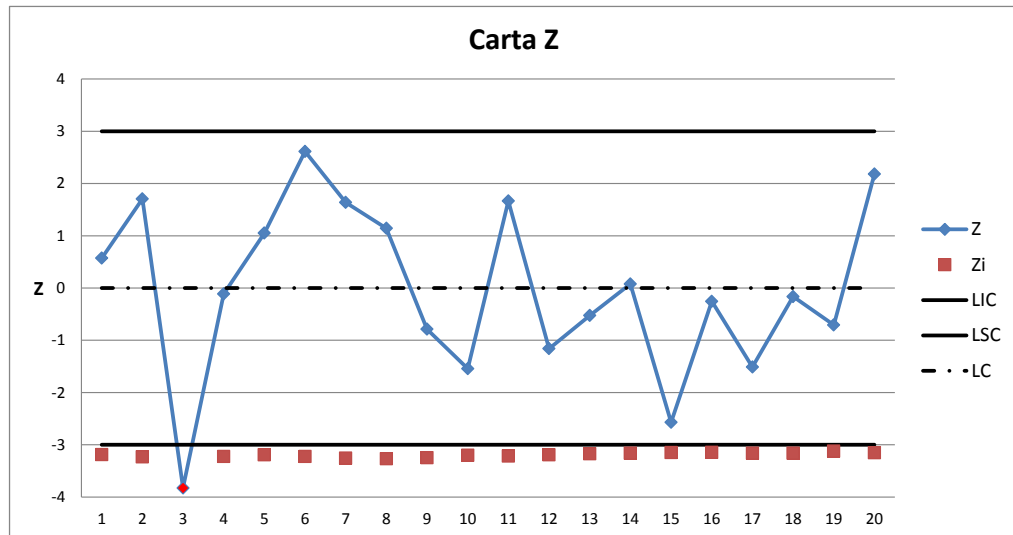


Figura D.7: Carta Z - Integral Pequeno

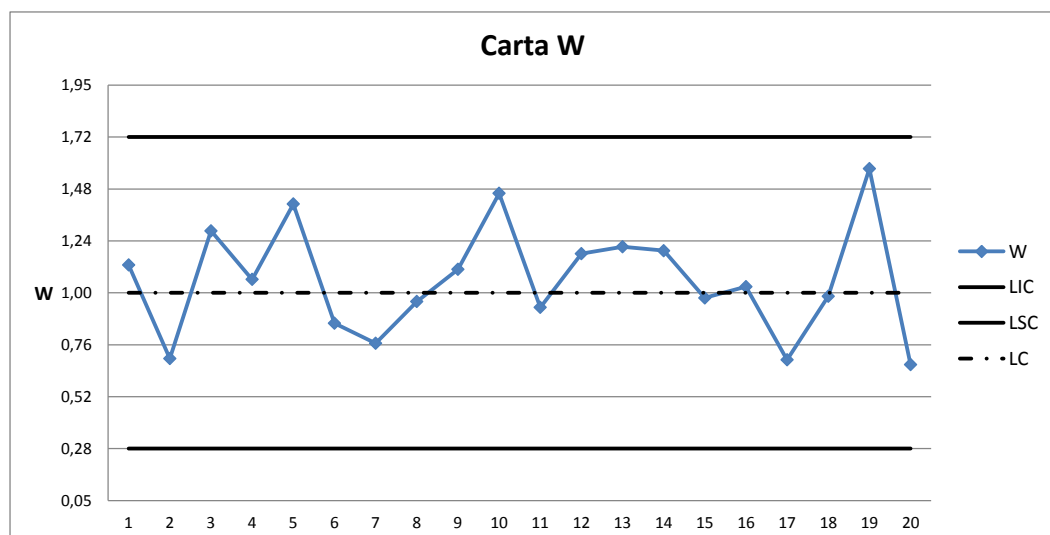


Figura D.8: Carta W - Integral Pequeno

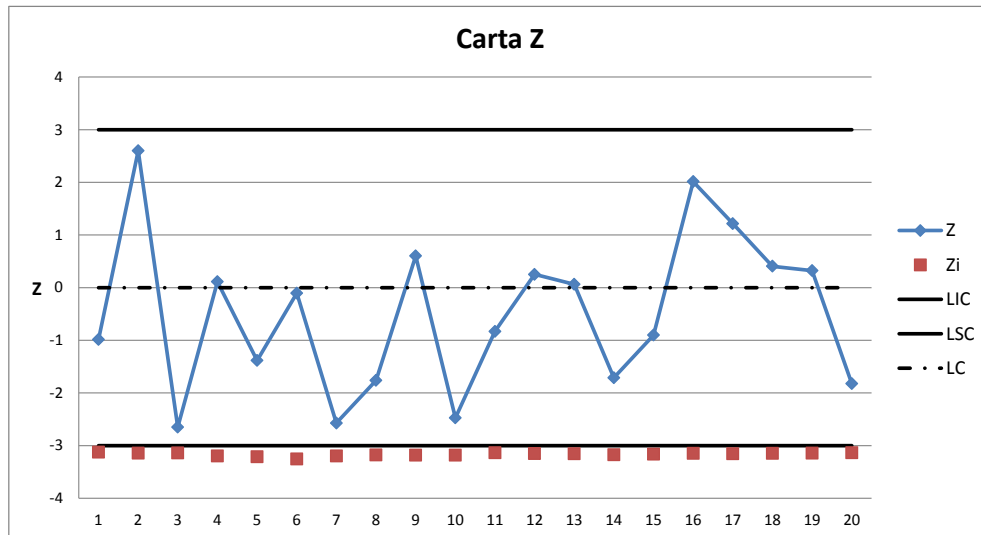


Figura D.9: Carta Z - Baguete de Cereais

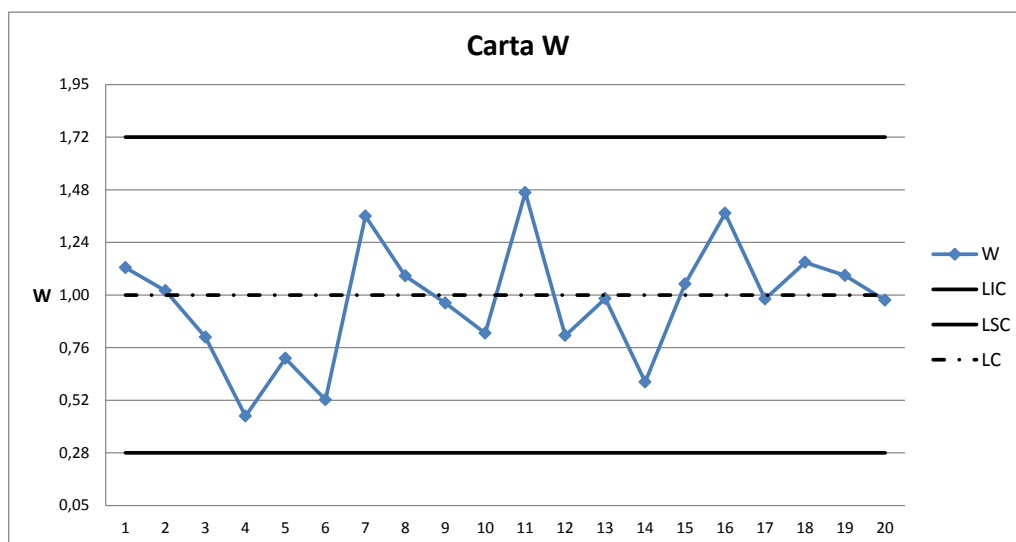


Figura D.10: Carta W - Baguete de Cereais



Cartas CUSUM

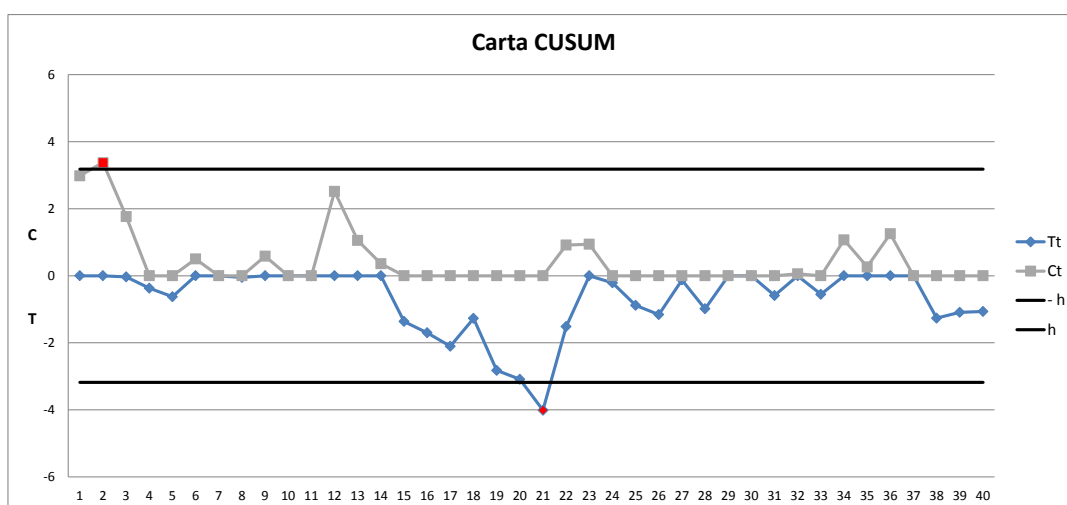


Figura E.1: Carta CUSUM - Carcaças

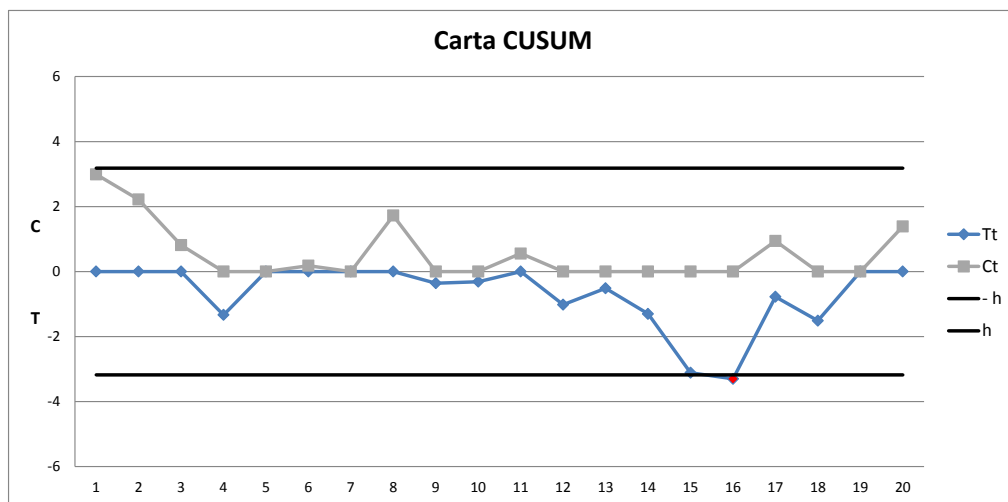


Figura E.2: Carta CUSUM - Vianas

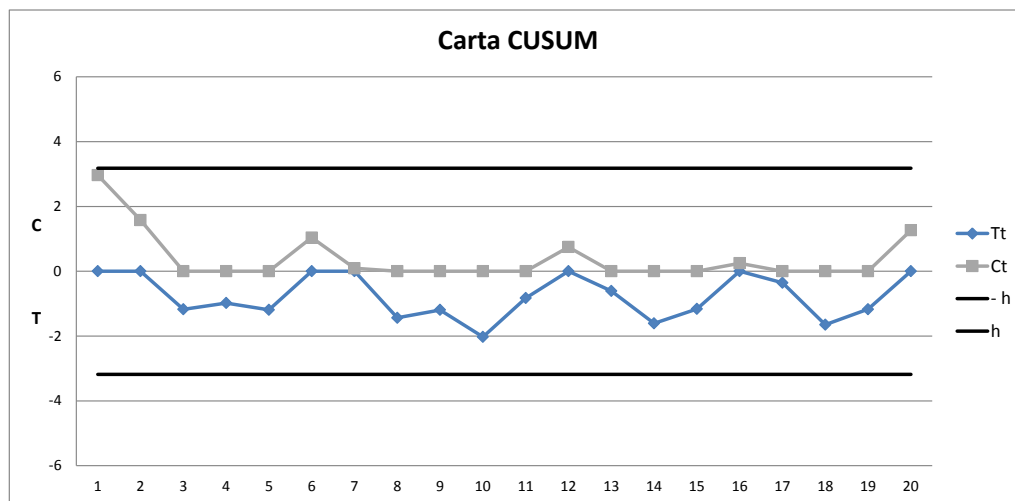


Figura E.3: Carta CUSUM - Integral Grande

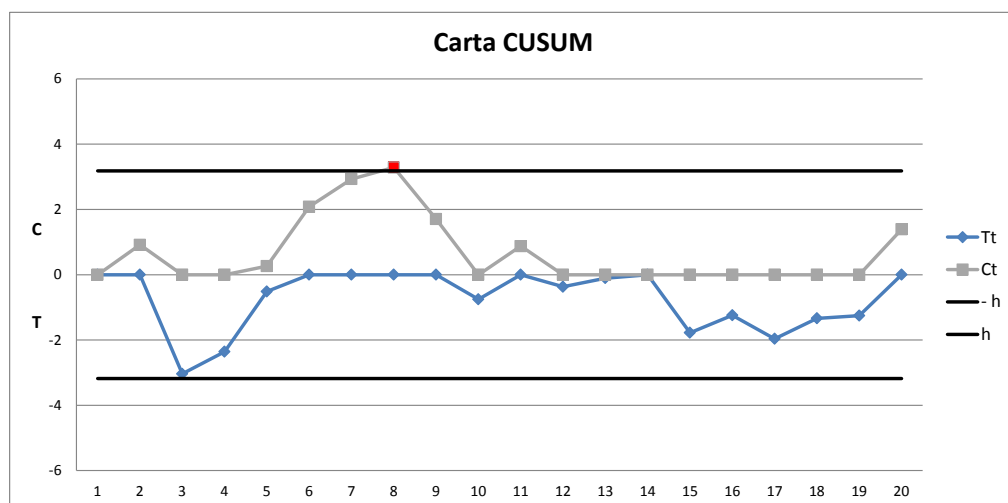


Figura E.4: Carta CUSUM - Integral Pequeno

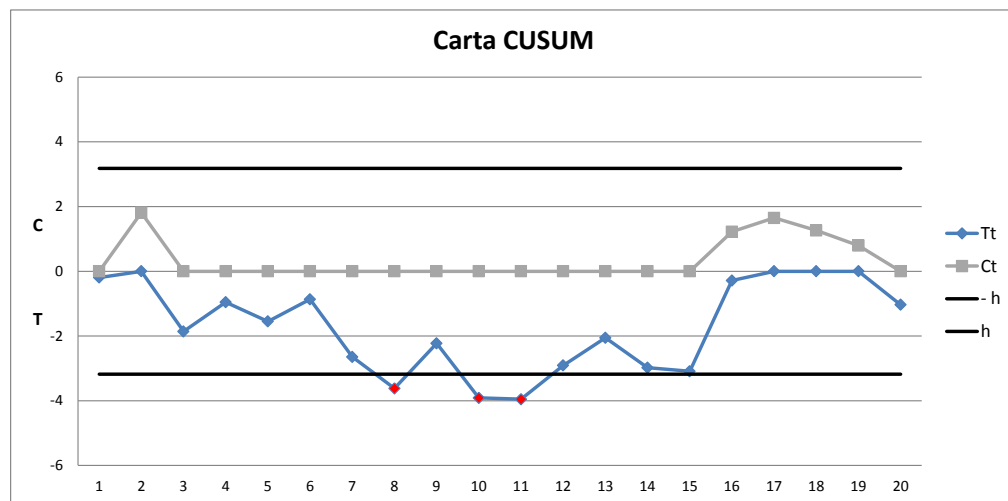


Figura E.5: Carta CUSUM - Baguete de Cereais



Cartas EWMA

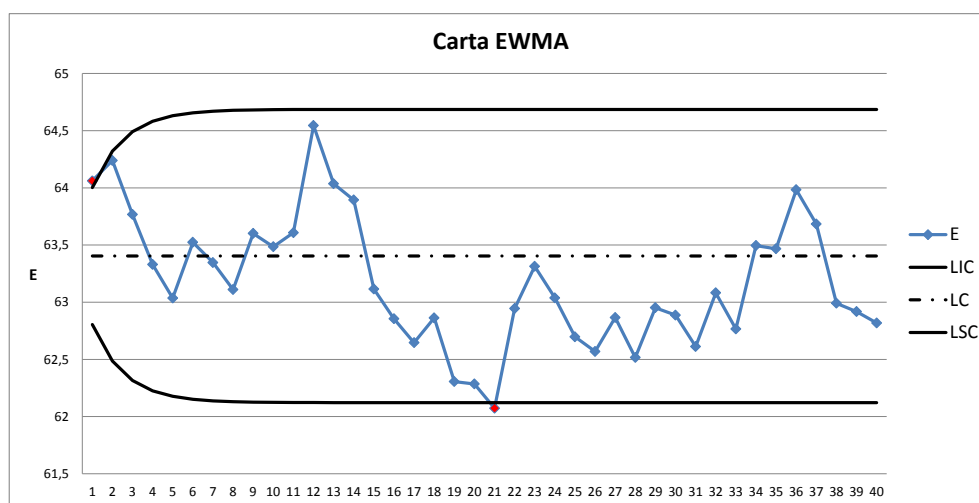


Figura F.1: Carta EWMA- Carcaças

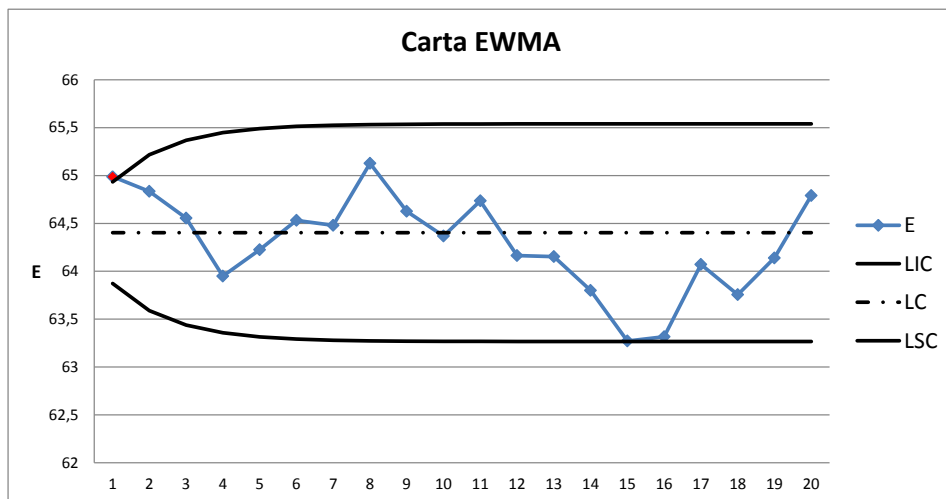


Figura F.2: Carta EWMA- Vianas

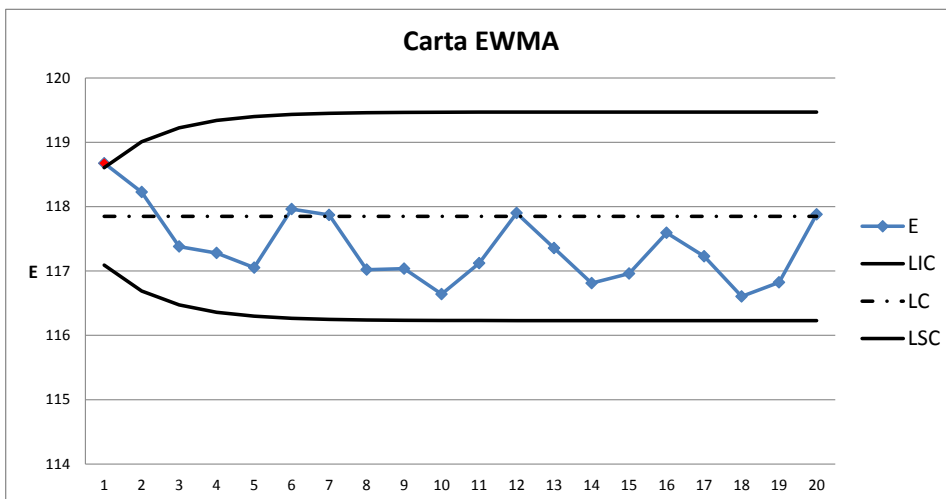


Figura F.3: Carta EWMA- Integral Grande

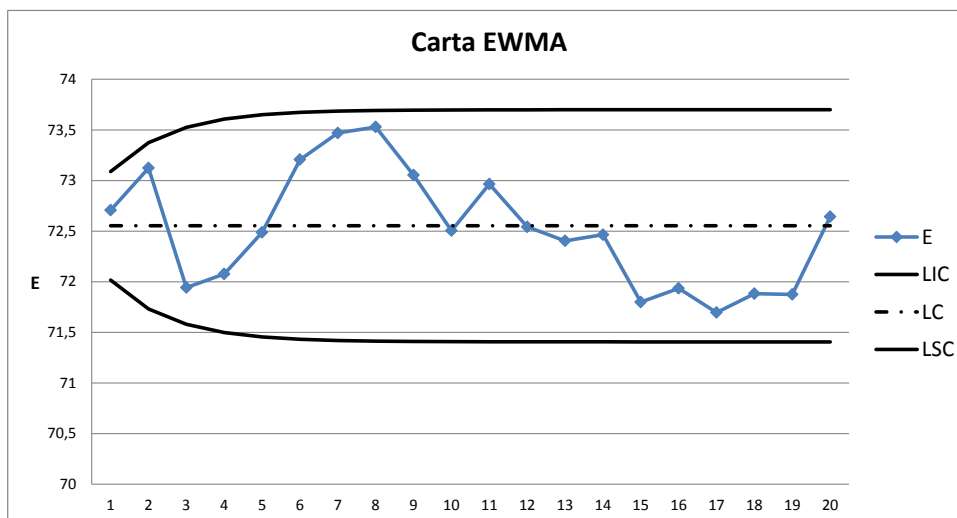


Figura F.4: Carta EWMA- Integral Pequeno

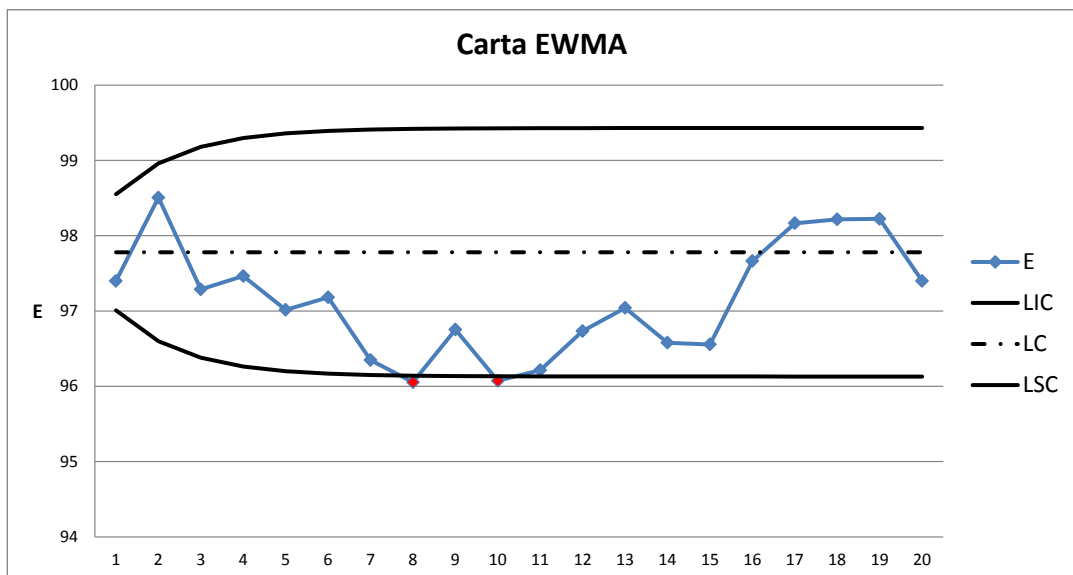


Figura F.5: Carta EWMA- Baguete de Cereais



Determinação de Constantes

n	α				
	0,20	0,15	0,10	0,05	0,01
4	0,300	0,319	0,352	0,381	0,417
5	0,285	0,299	0,315	0,337	0,405
6	0,265	0,277	0,294	0,319	0,364
7	0,247	0,258	0,276	0,300	0,348
8	0,233	0,244	0,261	0,285	0,331
9	0,223	0,233	0,249	0,271	0,311
10	0,215	0,224	0,239	0,258	0,294
11	0,206	0,217	0,230	0,249	0,284
12	0,199	0,212	0,223	0,242	0,275
13	0,190	0,202	0,214	0,234	0,268
14	0,183	0,194	0,207	0,227	0,261
15	0,177	0,187	0,201	0,220	0,257
16	0,173	0,182	0,195	0,213	0,250
17	0,169	0,177	0,189	0,206	0,245
18	0,166	0,173	0,184	0,200	0,239
19	0,163	0,169	0,179	0,195	0,235
20	0,160	0,166	0,174	0,190	0,231
25	0,149	0,153	0,165	0,180	0,203
30	0,131	0,136	0,144	0,161	0,187
> 30	$\frac{0,736}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,768}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,805}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,886}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,031}{\sqrt{n}}$

Figura G.1: Distribuição da estatística D(Lilliefors)

Factores para construção das cartas de controlo de variáveis															
Dimensão Amostra	Carta da Média				Carta do Desvio Padrão						Carta da Amplitude				
	Factores Limites Controlo				Factores para Limites de Controlo						Factores para Limites de Controlo				
	A	A ₂	A ₃	d ₂	c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	
2	2,121	1,881	2,659	1,128	0,7979	0	3,267	0	2,606	0,853	0	3,686	0	3,267	
3	1,732	1,023	1,954	1,693	0,8862	0	2,568	0	2,276	0,888	0	4,358	0	2,574	
4	1,500	0,729	1,628	2,059	0,9213	0	2,266	0	2,088	0,880	0	4,698	0	2,282	
5	1,342	0,577	1,427	2,326	0,9400	0	2,089	0	1,964	0,864	0	4,918	0	2,114	
6	1,225	0,483	1,287	2,534	0,9515	0,030	1,970	0,029	1,874	0,848	0	5,078	0	2,004	
7	1,134	0,419	1,182	2,704	0,9594	0,118	1,882	0,113	1,806	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924	
8	1,061	0,373	1,099	2,847	0,9650	0,185	1,815	0,179	1,751	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864	
9	1,000	0,337	1,032	2,970	0,9693	0,239	1,761	0,232	1,707	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816	
10	0,949	0,308	0,975	3,078	0,9727	0,284	1,716	0,276	1,669	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777	
11	0,905	0,285	0,927	3,173	0,9754	0,321	1,679	0,313	1,637	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744	
12	0,866	0,266	0,886	3,258	0,9776	0,354	1,646	0,346	1,610	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717	
13	0,832	0,249	0,850	3,336	0,9794	0,382	1,618	0,374	1,585	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693	
14	0,802	0,235	0,817	3,407	0,9810	0,406	1,594	0,399	1,563	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672	
15	0,775	0,223	0,789	3,472	0,9823	0,428	1,572	0,421	1,544	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653	
16	0,750	0,212	0,763	3,532	0,9835	0,448	1,552	0,440	1,526	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637	
17	0,728	0,203	0,739	3,588	0,9845	0,466	1,534	0,458	1,511	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622	
18	0,707	0,194	0,718	3,640	0,9854	0,482	1,518	0,475	1,496	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608	
19	0,688	0,187	0,698	3,689	0,9862	0,497	1,503	0,490	1,483	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597	
20	0,671	0,180	0,680	3,735	0,9869	0,510	1,490	0,504	1,470	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585	
21	0,655	0,173	0,663	3,778	0,9876	0,523	1,477	0,516	1,459	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575	
22	0,640	0,167	0,647	3,819	0,9882	0,534	1,466	0,528	1,448	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566	
23	0,626	0,162	0,633	3,858	0,9887	0,545	1,455	0,539	1,438	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557	
24	0,612	0,157	0,619	3,895	0,9892	0,555	1,445	0,549	1,429	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548	
25	0,600	0,153	0,606	3,931	0,9896	0,565	1,435	0,559	1,420	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541	
Para $n > 25$															
$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$				$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$				$c_4 \approx \frac{4(n-1)}{4n-3}$				$B_3 = 1 - \frac{3\sqrt{1-c_4^2}}{c_4}$			
								$B_4 = 1 + \frac{3\sqrt{1-c_4^2}}{c_4}$				$B_5 = c_4 - 3\sqrt{1-c_4^2}$			
												$B_6 = c_4 + 3\sqrt{1-c_4^2}$			

Figura G.2: Fatores para cartas de Controlo

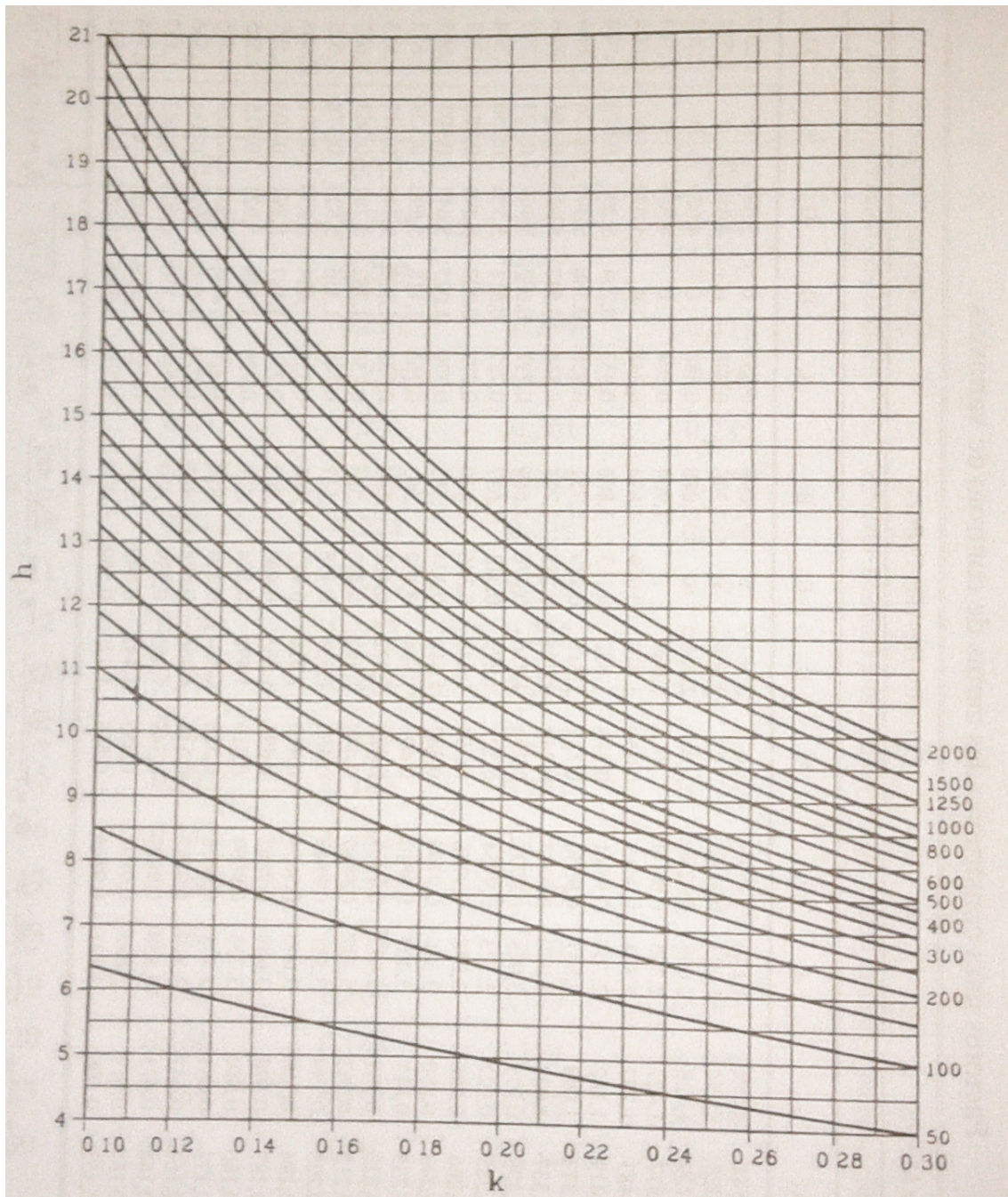


Figura G.3: Ábacos para as Cartas CUSUM

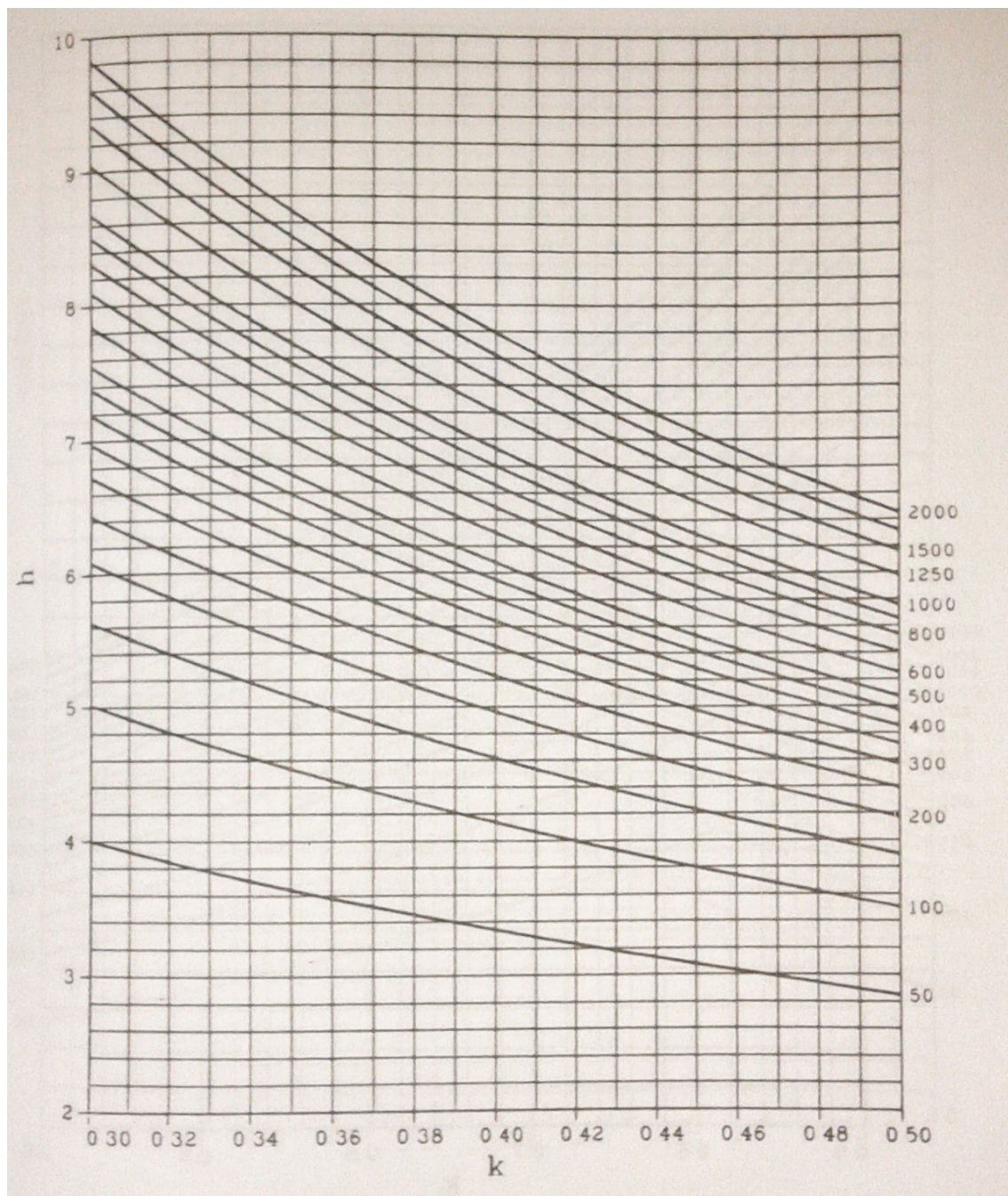


Figura G.4: Ábacos para as Cartas CUSUM

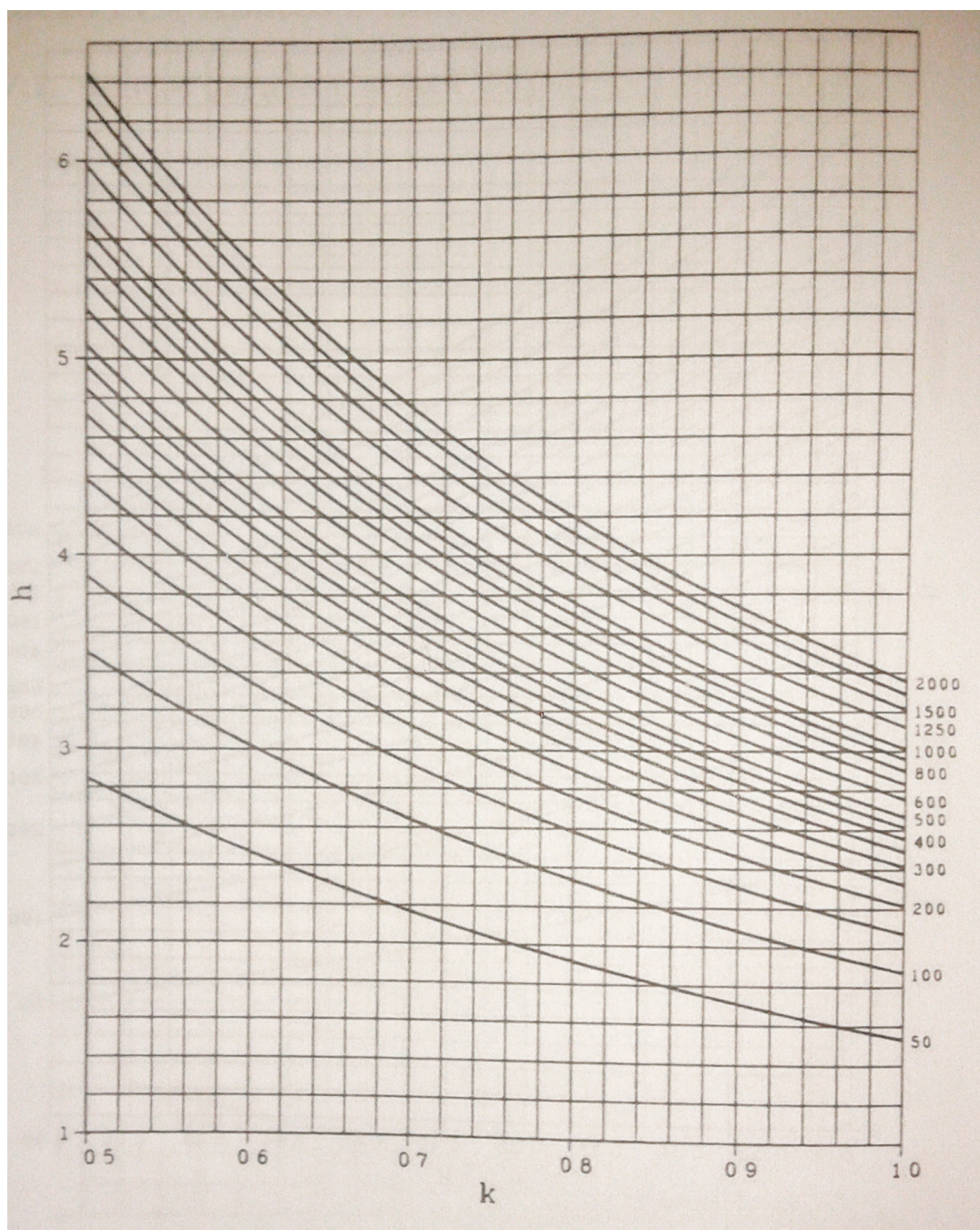


Figura G.5: Ábacos para as Cartas CUSUM

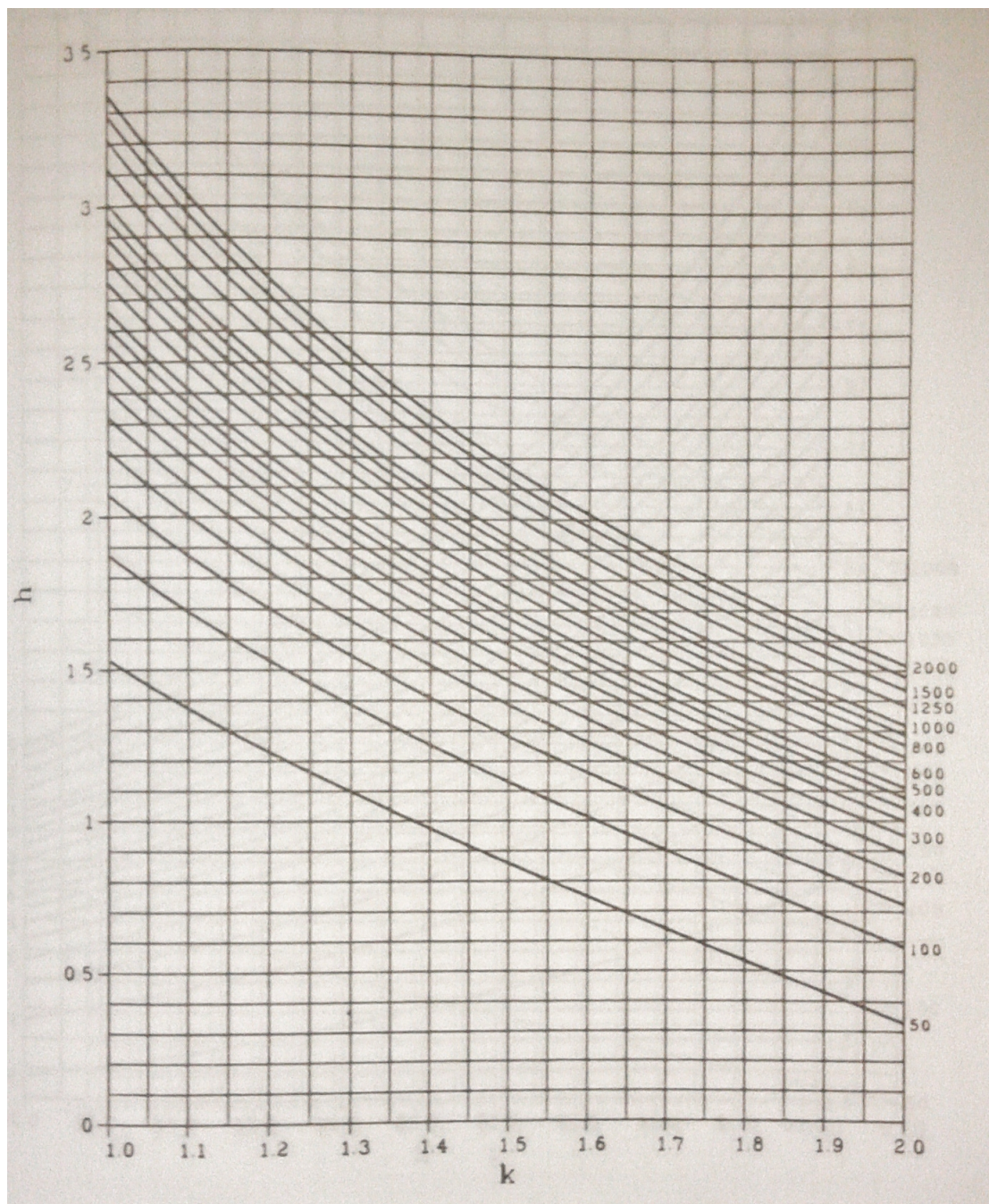


Figura G.6: Ábacos para as Cartas CUSUM

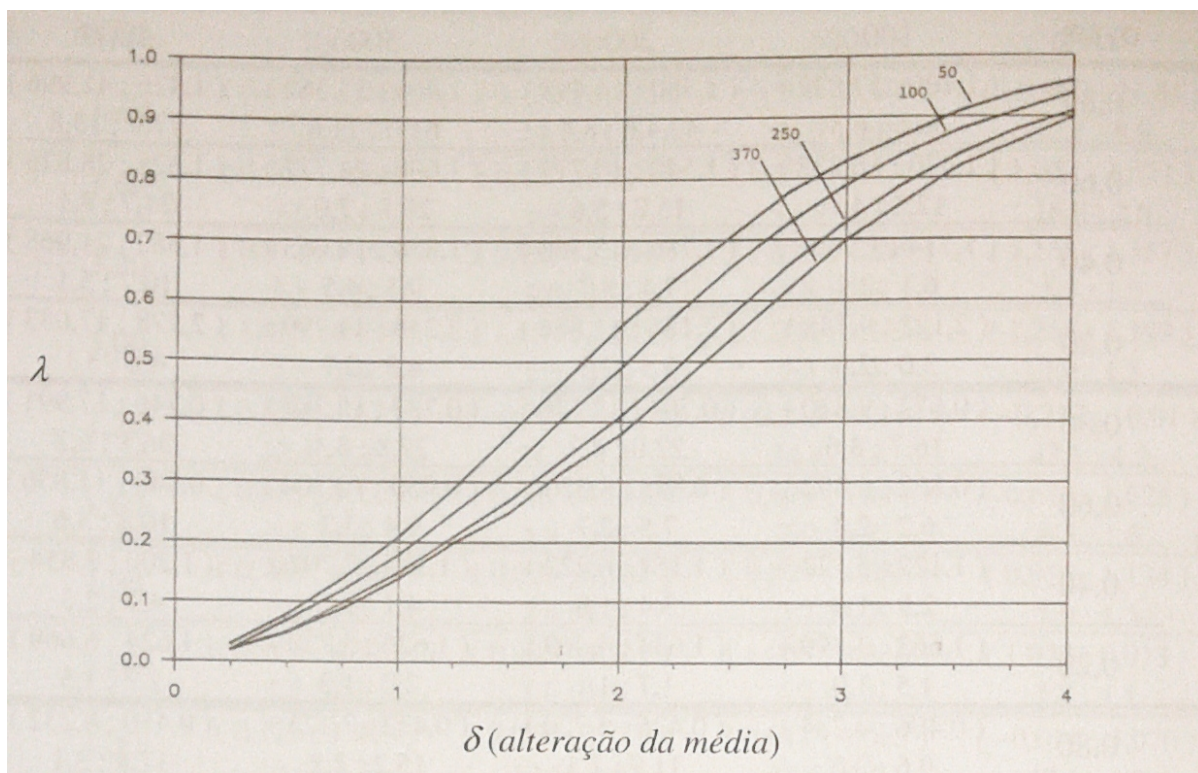


Figura G.7: Ábacos para as Cartas EWMA

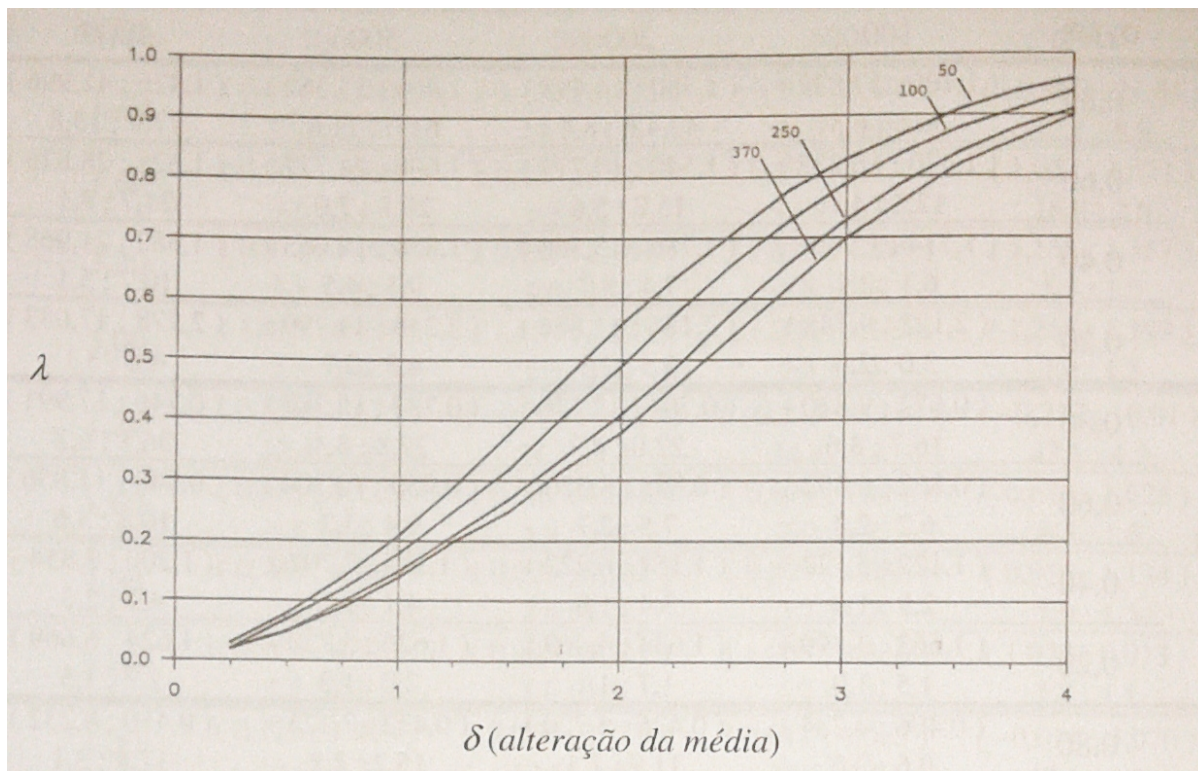


Figura G.8: Ábacos para as Cartas EWMA



Pesagens da Fase 1

Tabela H.1: Resultados das pesagens da Fase 1

	Bolinhas	Carcças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
1	59,6	68,1	63,3	108	69,4	101,4
2	68,2	63	56,1	121,7	65,8	103,3
3	63,6	73,2	67,9	116,6	72,8	96
4	63,3	66,9	65,2	117,2	76,3	96,6
5	65,5	66,2	65,3	120,4	69,9	95,3
6	67,7	60,8	61,7	119,3	75	90,8
7	66,7	71,1	67	116,8	71,7	97,2
8	69,9	60,9	63,5	111,4	71,1	101,4
9	68,4	61,7	64,2	118,3	71	103
10	62,8	59,2	66,7	115,6	73,2	100,7
11	63,6	59,7	68,2	112,4	71,8	95,5
12	66,6	60,2	64	113,3	70,3	91,8
13	71,8	61,9	63,6	123	75,3	99,9
14	73,3	61,8	66	116,2	72,4	98,8
15	65,8	65,3	65,9	114,6	71,4	97,1
16	71	70	60,4	111,8	75,1	97,5
17	65	57,9	67	120,4	72,8	93,7
18	65,1	64,4	62,7	118,6	73,4	96,1
19	72,2	63,6	67	117,6	70,9	94,5
20	70	63,5	61,6	120,3	72,5	97,2
21	64,9	65,1	65,1	129,9	74,5	96,8
22	60,6	63,6	63,6	123,7	73,7	99
23	64	63,3	67,3	115,4	64,3	96,3
24	60,5	72	65,3	124,2	74,2	97,7
25	61,9	68,5	63,8	117,6	69,8	91,2
26	65,8	68,9	60,1	115,7	71,3	95,7
27	77,8	66,3	72,6	120,2	73,7	96,8
28	62,6	67,1	59,8	120,6	75	100
29	66,6	62,2	66,1	116,6	69,7	91,2
30	60	63,9	64,2	122,9	75,8	94,8
31	62,5	62,9	59,3	108,5	77,4	89
32	67,6	68	67,8	119,6	76	101,4
33	66,8	62,7	55,9	113,9	70,5	103,1
34	62	65,9	64,9	117	73,4	94,9
35	66,1	58,9	63,3	121,8	65,6	95,9
36	63,9	62,5	61,6	118,5	71,2	98
37	64,9	66	63,3	119,5	72,1	100
38	67,2	61,8	62,5	116,4	74,5	102,4
39	64,5	60,9	59,1	120,2	74	96,6
40	64,2	60,7	69,1	113,3	73,9	94,3
41	63	64,7	61,3	120,1	77,6	96,7
42	70,3	65,2	63,7	117	78	90,6
43	64,3	62	61,3	122,4	74,8	102,4
44	69,8	63,1	55,2	127,8	70	96

	Bolinhas	Cargaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
45	68,1	52,3	61,2	122,8	71,5	100,9
46	72,7	58,6	66,8	119,4	65,7	88,7
47	61,3	56,8	62,7	111,4	73,2	93,6
48	69,6	68	63,8	118,2	72,9	99,9
49	69,5	64,8	66,7	121,1	72,7	92,6
50	71,4	63,8	63	111,3	72,9	94,6
51	71,2	63,7	63,1	116,2	69,6	96
52	62,6	58,2	57,6	117	63,2	95,3
53	64,2	64,7	67,2	115,1	70,4	102,4
54	61,5	60,4	66,6	116,6	75,3	99,7
55	69,3	69,1	67,9	115,1	75,4	100,4
56	63,5	62,9	66,8	114,9	74,8	98,1
57	68,6	67,6	62,2	120,2	65,9	103,8
58	59	63,4	61,4	116,9	77,5	87,2
59	69,4	69,6	69	118,4	72,4	98,5
60	62,2	67,9	70,4	114,2	74,9	101,7
61	60,2	57	64,7	125,4	70,9	97,2
62	67,2	64,3	58,1	125,2	69,1	92,7
63	68,2	69,2	70,2	117,3	69	93,9
64	60,8	60	57,9	124,7	65,6	95,3
65	68,4	66,3	67,4	123,4	77,9	99
66	64,6	64,6	58,1	117,8	73,9	88,1
67	63,5	62	66,3	117,5	75,5	87,6
68	57,3	58,9	67	119,7	72,7	106,3
69	67,2	66,6	64,8	118,7	66,2	97
70	68,5	66	63,1	119,2	75,6	98,6
71	62,6	65,7	62,4	126,8	77,2	102,1
72	69,4	62,6	61,8	123,4	70,3	102,4
73	72,4	65,3	61,2	108,6	74,3	104,6
74	61,3	59,4	63,6	119	71,6	102
75	66,2	66,5	60,8	120,3	77,2	98,8
76	62,4	66,4	67,2	120,8	70,1	98,4
77	57,1	69,3	66	123,8	70,7	104,5
78	62,6	65,1	63,7	115,3	72,2	99,2
79	68	62,5	62,1	119	72	96
80	63,8	62,4	73	110,8	72,5	100,1
81	59	64,1	65,6	119,2	70,8	102,9
82	71,6	68,8	60,7	124,5	72,6	82,8
83	68,2	58,3	62,3	121,1	69,2	96,2
84	60,7	64	61,3	115,9	68,7	98,2
85	68,1	65,8	59,6	120,4	66,8	98,6
86	59,6	65,3	66,4	121,3	69,3	102,6
87	68,8	60,6	59,6	115,1	71,2	102,6
88	71,3	68	66	117,2	70,5	97,2
89	65	65,4	65,6	118,7	74,4	99,5

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
90	66,5	64	63,9	123,2	72,7	99,2
91	63,4	61,2	62,3	124,2	77,5	103,3
92	58,6	55,9	66,7	116,3	75,6	86
93	60,2	58,8	62,7	111	72	96,4
94	66,7	62,5	59,4	116,6	69,6	97,7
95	61,6	65,9	69,6	119,8	73,1	99
96	67	64,3	62,5	114,5	72	102,3
97	63,5	59,3	59,9	117,2	71,7	101,1
98	65,1	60,5	70,9	124,5	72,7	102,1
99	67,9	60,1	61,9	122	69,6	99,5
100	66,2	64,2	62,5	117	67,2	104
101	64,6	66,1	66,3	118,7	77,6	97,8
102	65,7	63,9	70	120,6	73	97,9
103	70,6	64	65,8	122,8	74,7	100,9
104	67,7	64	55,1	122,1	75,8	93,6
105	66,8	62,3	63	122,9	73,2	92,4
106	60,2	61,3	66,4	129,5	78,3	99,4
107	63,1	58,9	61,6	121	76,3	100
108	61	60	65,3	117	72,5	96,3
109	58,9	65,3	64,2	120,8	73,4	98,5
110	63,3	59,4	68,4	118,4	72,5	100,4
111	67,5	60,5	67,1	110,6	75,7	91,2
112	65,7	61,2	62,7	102,8	69,3	92
113	65,5	59,9	60,1	114,2	78	93,8
114	65,9	62,4	56,1	105,8	73,6	102
115	70	61,3	61,3	114,6	74,1	98
116	59,3	61,9	66,2	117,2	76,4	103,9
117	63	58,6	61,8	115,4	67,5	100,7
118	59,9	67,9	57,3	117,3	75	94,7
119	70,4	65,5	65,1	118	75,1	105,7
120	70,7	58,8	61,3	124,6	74,7	97,8
121	57,4	68,3	64,4	117,6	69,5	105,2
122	62,7	63,8	65,3	120,3	72,8	102,2
123	65,2	64,1	68,2	124	71,9	95,4
124	63,9	76,7	63,7	115,1	69	92,4
125	65,7	62,5	66,7	120,5	74,8	99,8
126	67	64,4	63,4	117,7	72,2	103
127	66	60,9	68,8	114,1	74,5	102,8
128	59,8	62,4	65,8	124,5	71,2	108,2
129	55,8	72,7	62,6	124,6	75,8	95,3
130	67,9	66	65,5	125,3	73,5	88,9
131	59,5	68,2	63,2	110,8	69,9	90,6
132	63,5	60,7	62,5	122,9	76,4	89,7
133	64,5	57,1	67,5	123,5	78,9	92,4
134	66,4	61	60,4	123,7	75,6	99,1

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
135	62,6	62,5	66,7	122	73,2	98,1
136	64,6	67,4	71,2	121,8	75,8	98,4
137	61,3	63,4	70,6	120,2	77,5	98,7
138	63,8	63,9	64,7	121,1	77,1	97,3
139	73,5	61	67,6	115,9	75,6	92,1
140	72,1	65,4	70,6	121,1	72,3	89,8
141	62,6	62,5	65,3	114,2	74,9	102,2
142	65,4	59,3	63,9	118,5	73,1	100,3
143	70	62,7	70,2	110,2	74,4	103,9
144	63,2	64,6	62,2	124,3	71,9	101,2
145	65,8	61,7	66,3	115,8	73,9	96,7
146	61,7	60,5	68,1	117,7	74,5	99,6
147	57,8	62,8	64,2	113	75,7	101,6
148	66,4	61,4	65,8	110,9	66,8	95,9
149	67,9	63	64	119,5	66,6	101,4
150	61,3	61,3	61	112,7	70,7	103,5
151	69,4	61,6	61,1	104,6	73,9	97,8
152	64,7	59,7	67,2	108,9	73,4	89,9
153	65,4	66,2	62,2	118,2	64,5	96,1
154	70,4	63,2	61,8	120,9	70,2	103,9
155	62,4	66,1	64,7	118,6	80,8	96,7
156	72,6	60,3	65,3	113	57,5	102,1
157	64,4	70,4	63,9	120,9	76,5	95,6
158	57,2	58,4	62,4	110,3	64,3	95
159	64,2	69	61,6	117,2	71,5	100,1
160	64,8	62,6	62,2	119,1	75,2	96,6
161	68,7	62,9	60,1	124,4	76	102,3
162	57,1	61,7	64,1	115,8	73,5	99,5
163	71,4	66,9	66,7	148,3	65,3	104
164	69,7	64,6	66,6	118,6	70,3	94,9
165	59,8	59,3	63,7	117,8	74,9	96,1
166	67,7	67,8	64,3	116,1	72	103,3
167	56,4	60,6	63,8	120,4	79,6	88,2
168	63,1	65,3	60,9	119,4	68,8	100,5
169	66,9	60,9	70,4	119,6	71,1	100,2
170	70,5	61,6	65,5	109,4	77,6	87,8
171	69,8	65,5	62,6	112,9	69,9	93,6
172	62,9	57	69,3	121,4	72	96,4
173	68	59,7	61	123,3	76,1	86,5
174	65,2	72,2	62,9	123,7	75,9	91,2
175	71,2	64,9	65,7	104,5	73,6	93,1
176	57,7	61	64	120,6	75,6	108,5
177	71,3	60,2	71,6	117,3	78,2	103,2
178	66,8	66,2	53,3	111,3	72	101,2

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
179	68	67,2	52,7	117,6	73,9	98,6
180	66	64,9	59,4	119,1	70,7	102,8
181	57,2	66,8	64,2	110,7	71,2	98,4
182	68,3	57,7	69,1	119,7	70	89,2
183	66,3	61,9	63,8	117,7	71,9	95,2
184	63,7	60	66	117,3	77,6	99,6
185	66,7	60,9	66,9	118,6	69,7	99,7
186	68,1	60,6	64,4	119,4	74,5	95
187	61,2	62,9	66,8	112,3	69,4	94,6
188	67,8	63	62,9	120,7	73,3	92,6
189	65,1	63,2	68,5	118,8	73,6	94,4
190	68,1	66	63,3	117,6	70,4	98,1
191	70	63,1	68,3	121,3	70	93,4
192	69,3	60,8	64,6	116,2	74,4	98,8
193	68,4	67,1	64,4	113,6	69,6	97,8
194	64,5	64	63,2	106,4	69,2	96,5
195	66,2	62,5	64,6	120,3	70	90,8
196	62,7	61,8	64,5	119	71,3	94,4
197	63,5	63,5	64	120,4	69,9	93,9
198	60,6	62,4	64,2	115,4	74,4	93,3
199	71,1	65,4	67,1	112,3	69,4	95,6
200	58,2	66,4	64,6	113,4	69,6	97,7
201	66,5	65,1	65,8	116,2	70,1	100,8
202	64,7	62,4	63	119,5	73,8	97,8
203	70,9	62,8	67,4	118,2	71,1	91,7
204	70,7	59,9	66,5	117,8	67	98,4
205	66,2	61,6	67,2	132	65,1	96,3
206	65,1	66,4	66,2	120,1	71,2	104,6
207	73,2	51,1	64,2	128,5	72,4	95,3
208	70,7	66	62,1	119,9	76,8	97,2
209	70,4	59,5	63,9	109,4	75,5	97,6
210	72,6	63,4	59,5	116,7	72,1	91,6
211	67,4	61,7	61,4	117,4	71,9	99,6
212	65,2	65,5	67,7	117,7	68,4	90,9
213	66,8	60,1	64,4	121,2	71,2	93,9
214	58,3	64,3	65	144,5	76,2	102,3
215	63,9	68,1	68,8	139,6	75,5	99,9
216	54,7	63,6	64	116,4	66,8	96,1
217	61,4	58	68	111,7	71	98
218	66,3	66,3	64,1	120,3	72,3	100
219	65,3	64,4	66,2	120,1	75,8	98,4
220	63	68,4	64,6	114,4	74,3	101,8
221	69,8	66,8	67,9	116	74,1	96,6
222	64,9	61,4	66,2	112,3	72,8	98,3
223	67,5	65,8	71,9	115,9	70,6	100,4

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
224	62,1	71,2	66,2	123,1	70,9	98,8
225	70	69,2	71,3	116,4	74	99,6
226	60,2	49,7	65,7	114,7	72,9	93,6
227	62,3	63,1	65,8	123,6	75,1	96,5
228	63,4	59,1	62,9	115,7	69	94,5
229	63,8	61,7	67,9	118,7	72,8	102,5
230	65,4	70,8	63,7	111,4	73,9	82,9
231	72,3	63,4	67,6	115,2	72,8	97,5
232	72,5	55,9	62,9	126,8	71,9	103,2
233	64,6	63,3	66,8	125	77,5	100,8
234	69,4	65,6	58,5	108,4	71,3	99,9
235	54,2	57,7	67,5	111,4	76	102,5
236	67,7	68	61,6	115,5	67	97,6
237	60,8	57,9	63,9	114,6	69,9	101,2
238	61,7	60,5	63,3	121,2	78	99,6
239	63,4	68,4	71,1	116,1	76,4	103,9
240	67	62,7	65,2	114,4	67,3	96,7
241	71,8	65,2	65,4	119,4	70	96,3
242	70,5	64	63,9	117,6	72,2	99,2
243	66,9	58,1	63	111,8	75,7	104
244	67,1	64	61,6	121,7	77,6	108,9
245	63,3	63,4	61,8	107,8	69,8	100,5
246	64,9	65,1	69,6	122,6	68,1	92,7
247	63,2	65,5	64,1	119,4	71,6	98,9
248	64,2	62,5	64,4	115,4	74,9	96,3
249	63,3	62,3	68,9	120,5	72	90,6
250	65,7	60,8	64,3	114,1	75,6	110,2
251	56,1	61,8	62,1	116,9	74,5	98,3
252	64,4	66,4	64,5	121,7	74	97,6
253	71	65,6	66,4	123	73,2	99,9
254	64	64,3	61	122,5	69,6	97,5
255	68,5	67,4	61,9	114,3	74,5	106,8
256	65,9	58,7	63,1	119,6	76	95,1
257	71,6	64,2	59,8	118,1	66,4	102
258	63,9	60,4	66,4	121,2	70,1	97,6
259	64,1	63,1	67,8	118,6	74,2	102,1
260	68,2	61,8	64,9	122,4	73,9	106,8
261	68,5	61,7	66	117,9	69,1	108,2
262	59,5	66,5	71,3	116	73,2	93,9
263	60,4	66	66,8	116,9	72,8	101,7
264	67,9	59,7	64,6	118,9	73,2	92,8
265	62,2	62,7	73,9	115,8	73,1	103,6
266	66,8	63,1	62,7	117	72,7	91
267	70,3	60	68,4	113,4	67,4	100,2
268	68,2	64,8	64,4	115,6	75,7	90,4

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
269	66,2	65,6	60,9	116,8	76,7	96,3
270	67,5	69,6	65,9	116,9	65,3	90,3
271	65,9	56,1	66,6	120,5	75,9	107,4
272	69,4	56,5	62,5	112	67,2	99,7
273	70,6	65,6	63,4	119,1	73,6	104,5
274	65,8	63,4	65,4	118,3	74,5	93,4
275	64,7	64,2	63,8	120,5	72,8	96,1
276	62,9	66,4	64,6	107,8	70,1	100,5
277	67,7	62,8	61,7	113,2	78,9	84,6
278	66,7	64,3	65,2	117,7	74,1	80,9
279	66,3	63,1	64,4	116,8	72	94
280	64,6	62,8	64,5	115	71,3	93,4
281	71,2	62,9	64	114,2	74,1	95,1
282	70,4	65,1	64,6	107,9	77	90,3
283	59,1	59,7	69	119,9	74,8	98,6
284	68	62,9	58,9	109,6	74,7	98,7
285	65,6	60,3	63,1	124,4	72,3	108,6
286	60,5	59,6	62,9	123	74,4	101,3
287	67,6	59,9	63,2	110,5	70,6	107,9
288	75	64,9	63,2	119,7	66	100,2
289	61,4	65,9	63,5	119,5	75,4	95,6
290	70,4	66,4	56,2	117,8	66,3	91,8
291	62,4	62,7	59,8	120,6	75,1	100,8
292	60,8	64,5	63,4	111,8	73,8	97,5
293	71,6	57,9	63,9	121	68,7	96,7
294	58,3	59,1	62,1	114,8	69,7	92,9
295	70	64,8	66	123	73,7	97,7
296	62,4	62,3	66,2	124,4	75,5	107,8
297	69,4	68	61,7	113,3	73,8	93,4
298	64,8	64,3	62,2	117,6	72,7	99,8
299	70,1	63	60,3	119	71,6	101,6
300	61,7	62,9	64,8	122,4	67,7	97,1
301	70,8	63				
302	64,8	62,4				
303	73,1	64,8				
304	68,2	67,2				
305	67	66,1				
306	63,5	73				
307	61,6	67,7				
308	69,4	66				
309	65,7	56,3				
310	64,6	61,4				
311	56,9	59				
312	60	55,4				
313	51,5	64,5				

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
314	60	60				
315	58,9	62,9				
316	68,2	64,4				
317	63,1	66,8				
318	62,7	61,1				
319	58,6	65,5				
320	61,4	62,4				
321	70,3	58,1				
322	66,7	62,9				
323	71,8	61				
324	64,8	64				
325	70,6	65,2				
326	72	63,6				
327	67,7	66				
328	67	62,7				
329	64,7	66				
330	73,8	60,8				
331	71,5	67,9				
332	72,1	70,5				
333	65,3	67,2				
334	56,5	58,9				
335	68	61,5				
336	67,2	58,4				
337	65,3	62,1				
338	71,1	68,3				
339	60,3	66,4				
340	69,2	65,7				
341	69,6	60,9				
342	62,6	57,3				
343	67,5	62,5				
344	70	61,7				
345	67,2	65,4				
346	61,4	59,8				
347	67,1	64,4				
348	74	67,1				
349	66,6	64,8				
350	63	65,4				
351	62,9	61,3				
352	65,8	56,8				
353	68,8	59,3				
354	69	69,2				
355	59	56,2				
356	64,9	68,7				
357	61,4	67,6				
358	74,9	57,9				
359	68,6	67,4				

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
360	65,4	64,5				
361	68	62,5				
362	74,7	60,9				
363	66,2	61				
364	65,3	60,7				
365	67,2	64,6				
366	64,2	72,4				
367	60,9	64,8				
368	54,6	61,3				
369	63,8	65,1				
370	48,3	63				
371	68,8	59,4				
372	60,4	57,1				
373	64,3	70,4				
374	65,3	65,3				
375	61,4	64,5				
376	67,4	69,2				
377	63,8	67,7				
378	65,9	60,3				
379	64,4	66,5				
380	71,3	66,3				
381	54,7	70,7				
382	70,6	62,1				
383	59,8	62,4				
384	68,7	59,5				
385	60,2	65,8				
386	65,9	67,9				
387	64,6	60,6				
388	71,8	56,4				
389	61	64,8				
390	62,2	58,2				
391	65,1	65,3				
392	53,4	66,3				
393	64,4	63,8				
394	64,2	62,9				
395	63,4	67,3				
396	66,8	63,2				
397	65	66,6				
398	69,3	63,8				
399	61,2	65,2				
400	61,7	59,9				



Pesagens da Fase 2

Tabela I.1: Resultados das pesagens da Fase 2

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
1	72,7	67,4	62,6	127,8	73,4	90,4
2	65,2	69	65,8	125,7	66,5	99,3
3	67,9	65,1	66,7	116,6	67,6	96,9
4	62,5	67,4	66	126,1	76,2	98,5
5	62	69,9	66,7	118,6	75,9	91,1
6	67,7	63,8	65,6	115,8	74,2	97,7
7	64	67,4	65,4	121,9	75,2	95,2
8	64,9	65,1	68,4	116,2	75,5	99,4
9	63,4	66,6	68,8	122,1	71,9	105,6
10	66,3	56,7	69,7	118,3	74,8	89,6
11	66,4	64,3	65,8	115,6	75	103,5
12	70,1	60,4	61,4	107,8	74,8	99,3
13	64	62,7	63,7	125,8	77,4	95,9
14	67,5	59,9	66,3	116,2	72,6	108,6
15	59,9	61,1	65,9	121,1	73,9	105,1
16	62,2	70	64	117,8	75,9	97,5
17	64,6	59,7	66,1	117,8	76,7	103,8
18	71,9	73,6	67,8	117,5	72,6	95
19	70,9	67,6	61,4	112,7	73,2	105,2
20	66,2	67,9	61,8	117,8	70,4	101,1
21	73,4	61,8	62,5	116,4	68,7	96,8
22	78,8	61,5	66,3	108,5	69,4	94,4
23	66,1	59	61,7	108,6	68,8	89,8
24	67,1	60,9	65,6	117,5	67,7	95,7
25	68,6	61,4	64,1	116,2	69,5	90,5
26	69,5	65,6	68,6	117,6	61,9	93,6
27	66	64,4	65,2	119,5	75,6	96,4
28	64,8	66,2	63,7	116,5	66,8	93,4
29	57,1	59,2	55,8	113,9	73,9	100,4
30	73,9	64,9	64,5	116,2	65,2	88,9
31	69,9	63,8	60,9	117,8	75,4	96,9
32	73,2	64,4	61,5	113,7	74,7	97,8
33	69,1	56,3	65,8	116,3	69,7	96,8
34	66,2	68,5	61,9	115,9	70,8	101,2
35	71,2	58,7	64,9	101,2	67,1	100,8
36	65,6	62,3	62,5	114,4	78,1	98,4
37	71,9	61,3	63,7	118,1	71	98,6
38	70	56,3	61,2	119,8	70,3	94,4
39	71,6	64	57,4	132	73,1	97,1
40	68,2	65,9	63,3	120,9	74,2	97,4
41	63,9	52,9	68,1	114,2	71,1	101,4
42	64,9	65,6	62,6	110,5	76,6	97,5
43	68,3	64,6	64,3	115,8	69,6	92
44	65,8	63,4	62,1	116	66,7	94,7

	Bolinhas	Cargaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
45	64	62,7	62,9	123,8	74,8	97,3
46	69	65,1	62,5	113,4	79,6	96,1
47	72	54,5	65,9	126,2	72,4	95,1
48	64,8	65,6	66,3	114,3	77	95,5
49	64,1	64,5	67,6	106,1	78,4	98,1
50	72,7	63,5	67,4	124,1	69,8	90,3
51	56,7	69,6	62,9	124,6	78,1	97,1
52	65	63,9	61,5	124,2	74	101,2
53	57,7	60,9	59,5	115,9	72,2	97,9
54	62,6	66,8	64	120,1	77,6	95,1
55	69,5	64,1	64,6	119	77	92,8
56	67,3	66,2	68,4	123,2	75,7	97,6
57	71,8	63,3	74,4	121,9	70	98,7
58	65,9	65,6	65,2	120,4	73,6	99,4
59	65,7	65,4	70,9	118	76,2	98,3
60	61,4	62,6	62,2	116,9	77,1	98,2
61	64,7	63,8	65,5	119,1	74,5	96,8
62	61	63,5	64,7	115,8	72,5	91,3
63	68,2	62,6	63,8	119,6	74,5	99,8
64	66,8	57,3	65,8	113,1	74,1	104,5
65	66,9	63	62,4	120,7	76,3	89,2
66	67	64,8	67,9	117,9	72,7	93,6
67	67,4	62,8	64,8	120,5	78,5	88,5
68	61,6	62,2	55,8	118,8	74,4	84,6
69	64,4	66,3	65,2	114,2	74,7	94,2
70	66,3	62,4	67,5	116,6	69,6	98,5
71	70,6	65,1	63,2	114,6	76,1	93,1
72	61,2	62,5	68,8	112,6	73,5	91
73	64,3	57,8	66,9	111,4	72	101,6
74	73,1	68,2	70,5	119,8	72,3	98,9
75	68,8	64,3	63,6	112,2	77,9	103,3
76	66,2	63,1	66,9	116,3	77,2	90
77	71,5	65	64,8	119	73,3	92,5
78	59,4	61,6	70,8	113,6	70	91,5
79	66,8	62,8	67,6	113,7	69,2	92,6
80	67,2	54,3	65,7	114	75,4	98,1
81	63	63,1	66,3	115,3	74	96,6
82	63,4	63	61,9	125,5	72,8	100
83	66,5	65,5	62,7	126,8	78,1	93,6
84	67,8	64,6	65,5	114	68,3	99,4
85	66,9	63,7	63,3	116,3	74,5	107,9
86	58,3	65,1	65,6	118,4	70,4	102,6
87	64,2	68,9	62,3	115,2	66,8	95,8
88	64,2	66,9	60,4	108	72	99,3
89	65,9	67,6	62,5	117,1	68,5	96,4

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
90	66,5	60,9	62,2	114,2	72,3	94,8
91	57,7	67,2	63,3	120,9	76,5	93,5
92	61,9	63,1	65,4	123	65,6	97,3
93	57,6	57,7	60,6	113,7	77,7	92,5
94	67,8	58,4	62	117,8	72,4	88,3
95	62,3	61,9	68,4	112,6	70,5	92,4
96	63,5	57,2	62,6	117	71,7	98,8
97	71,4	64,9	62,1	115,1	74,9	94,2
98	62,8	66,9	64,9	111,9	69,2	93,2
99	57,6	64,7	62,8	112,7	65,6	100,5
100	63,8	69,7	64,6	111	66,1	91,7
101	64,2	63,2	68	121,9	72,3	103,5
102	64,1	64,4	70,6	123,7	76,6	99,8
103	65,5	63,5	66,2	119,8	73,2	95,6
104	72,4	59,9	66,9	107,4	80,6	95
105	63,7	62,9	64,5	120	72,8	96,3
106	64,6	64,3	69,7	121,2	72,7	100,5
107	61,3	68,5	66,1	118,2	73,1	98,6
108	69,8	58,9	66,8	111,9	75,1	80
109	69,2	67,7	56,9	122	70,4	95,9
110	59	66,1	61,6	118,1	75,3	100,7
111	54,6	67	61,7	119,7	72,4	97,7
112	68,5	66,5	62,4	127,9	68,7	96,3
113	71,8	65,8	60,4	120	64,4	95,4
114	62,3	67,5	64	119,5	68,1	93,6
115	66,4	69,2	63	114,4	72,1	95,7
116	71,7	66,7	65,6	114,3	71,5	97,5
117	65,1	63,4	66,6	113,7	74,8	101,5
118	64,7	68,8	61,8	116,5	71,6	97
119	65,3	69,2	61,9	129,7	77,2	101
120	61,9	66,7	58,8	124,4	73,2	105,7
121	62,1	60,1	64,8	114,3	74,8	93,9
122	61,3	66,9	66,9	112,5	66,8	102,6
123	62,9	61,5	65,2	129,3	74	89,6
124	63,6	65,9	62,4	114,6	75,9	94,4
125	64,3	59,7	65,6	110,3	75,8	95,7
126	61	61,7	65	116,1	73,3	102,6
127	64,3	65,5	60,1	116,4	71,6	98,7
128	62,3	62,5	65,8	116,8	68,9	101,4
129	64,6	65,1	66	119,6	73,6	100,8
130	58,4	57,7	59,4	108,9	65,6	99
131	71,9	62,9	61,3	120,2	74,7	95,2
132	60	66,3	67,9	113,1	72,3	92,7
133	58,4	64,4	63,2	115	76,2	94,5
134	63,5	63,1	60,5	117,1	74,2	102

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
135	63,4	58,7	59,7	114,2	74,3	94,3
136	62,2	63,6	66,2	113,9	73,2	96,5
137	62,7	59,7	68,3	113,8	76,5	94,9
138	64,4	66,5	66,4	113,3	71,9	94,4
139	68,4	65	58,6	117,3	68,3	92,6
140	58,1	64,9	56,4	115,5	64,7	96,2
141	65,1	61,5	69,2	118,8	71,7	96
142	74,6	58,9	59,5	112,5	70,1	93,1
143	62,8	64,6	59,3	115,9	69,4	101,3
144	65,1	57,6	66,3	117,2	64,7	93,9
145	70,9	59,6	65,9	115,2	71	99,4
146	61,2	60,3	59,3	115,4	73,2	93,6
147	63,3	62,8	60,4	116,6	67,2	92,8
148	60,4	62,6	57,7	118,1	67,6	89,7
149	65	64,1	58,3	129,3	70,2	102,1
150	69,6	58,1	62,5	114,6	74,9	103
151	62,8	58,7	64,5	116,7	73	92,4
152	71,6	56,8	64	117,1	70,9	94,4
153	64,9	62,7	62,8	116	76,1	110,7
154	64,5	61,8	64,5	120,2	77	100,9
155	69,7	59,5	62,9	120	71,2	101,3
156	66,5	61,3	66,1	109,9	70,1	108,6
157	66,1	59,6	62,8	126,6	71,2	104
158	68,6	62,8	65,7	127	66,4	101,8
159	69,4	68,3	64,1	122	75,1	94,8
160	64,7	70	57	117,6	72	97,7
161	67,2	64,1	62,6	112,7	72,5	91,2
162	65,4	60,3	70,9	120,4	73,6	96,9
163	69	66,5	71,3	114,7	69,6	101,2
164	61	60,8	63,6	113,4	67,4	100,5
165	61,7	58,8	69,8	114,2	67,9	93,9
166	60,1	63,2	62,1	122,2	71,7	102
167	61,2	65,7	63,4	119	71	99,5
168	62,9	61,4	68	115,7	72,9	103,6
169	67,7	60,7	65,8	115,2	72,6	105
170	66,4	59,3	63,6	114,9	71,3	101,4
171	64,4	61,4	65,4	115,7	75	98,6
172	70,5	64,8	60,9	113,3	72,5	94
173	54,7	68,1	60,3	117,2	72,4	100,7
174	67,7	68,5	65,6	116,2	70,8	103,3
175	68,6	63,2	58,9	111,8	72	96
176	65,8	65,2	61,9	114,4	76,5	95,9
177	61,8	63,3	65,3	112,3	69,4	90,2
178	63,1	63,4	59,4	119,2	69,6	94,9

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
179	62,7	59,6	66,1	116	68,5	106,1
180	62,2	57	65,2	113,1	77,2	103,9
181	69,1	61	60,9	109,9	75,2	99,8
182	61,5	63	66,3	121	78,1	90
183	64,1	59,6	66,9	115,8	63,7	98,8
184	70,8	56,9	69,1	115,2	71,3	100,3
185	68,1	61,3	67,9	119,9	66	104,5
186	69,4	65,6	66,2	120	68,8	98
187	60,1	61,3	59,2	119,1	74,3	93,2
188	66,2	57,3	61,9	115,4	70	105,4
189	74,7	59,4	64	122,4	73,3	94,3
190	67,1	62,6	69,4	115,4	77,8	98,1
191	60,1	63,1	64,5	128	75,8	99,4
192	71,2	61,9	69,6	126,1	73,4	92,5
193	78,3	66,7	66,6	117,9	74,9	103
194	63	60,1	65,9	119,5	75,1	93,6
195	66,4	57,6	65,6	122,5	75,3	89,9
196	64,1	62,1	57	116,7	71,6	96,7
197	62	62,2	73,8	120,5	76,9	95,1
198	65,2	62,6	68,9	123,9	71,3	89,8
199	68,4	60,7	67,5	107,4	77,5	92,9
200	63,3	65,3	66,1	124,9	75,4	98,8
201	65,1	59,7				
202	66,1	62,2				
203	61,1	57,2				
204	60,8	62,9				
205	61	63,3				
206	65,7	59,8				
207	70,3	62,4				
208	62,5	62,1				
209	68,1	60,8				
210	67,4	64,6				
211	69,5	63,2				
212	68,6	63,2				
213	66,9	74,4				
214	62	66,4				
215	60,1	56,7				
216	66,6	69,8				
217	68,6	63,4				
218	65,2	62,3				
219	65	68,5				
220	67	65,1				
221	55,7	64,4				
222	65,7	67,3				
223	67,8	65,2				

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
224	60,3	61,2				
225	70,5	62,9				
226	66,4	66,5				
227	62,8	59,7				
228	70,4	62,5				
229	71,9	64,3				
230	72,3	69,1				
231	69,3	63,3				
232	66,6	60,1				
233	68,2	63				
234	69,2	61,4				
235	61,3	66				
236	66,3	63,6				
237	64,5	54,6				
238	64,2	62,8				
239	60,4	67,5				
240	66,6	60,6				
241	63,2	66,6				
242	66,4	64,2				
243	61,8	62,1				
244	64,7	51,8				
245	66,4	64,1				
246	58,9	56				
247	57,2	64,7				
248	64,9	63,8				
249	66	63,6				
250	63,1	60,9				
251	60,3	62,2				
252	65,9	59,6				
253	69	65,4				
254	63,3	65,2				
255	64,7	60,5				
256	64,2	63				
257	64,9	64,9				
258	67,4	64,6				
259	65,1	62,3				
260	68,2	54,5				
261	70,7	63,8				
262	62,2	64,8				
263	61	59,7				
264	63,2	63,6				
265	70,5	66,5				
266	74,8	66,5				
267	61,5	61,6				
268	59,3	62,3				

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
269	67,8	61,5				
270	71,6	66,4				
271	71,7	59,3				
272	74,8	64				
273	68,4	55,6				
274	68,1	61,2				
275	63,7	63,3				
276	59	59				
277	73,4	65,5				
278	72,4	59,7				
279	68,6	62,3				
280	65,5	65,8				
281	54,5	65,2				
282	69,5	60,6				
283	62,4	62,9				
284	67,5	62,8				
285	61,3	66,8				
286	69,8	67,9				
287	68,3	61,8				
288	58,1	66				
289	79,6	61,7				
290	60,6	65,6				
291	68	62,1				
292	65,2	66,8				
293	77,4	49,9				
294	64	63,4				
295	65,3	61,6				
296	65,8	64,7				
297	70,2	62,4				
298	68,5	66,9				
299	65,5	63,9				
300	68,1	65,4				
301	67,3	64,4				
302	65	62,9				
303	64,7	60,3				
304	79,7	57				
305	69,4	65,2				
306	80	66,2				
307	63,7	61,6				
308	66,1	59,4				
309	63,4	62,1				
310	70,4	59,6				
311	65,3	68				
312	60,1	69,9				
313	68,4	62,3				

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
314	62,6	63,6				
315	63,3	60,7				
316	68,3	67,3				
317	62,3	64,6				
318	62,9	64,4				
319	61	59				
320	67,6	63,7				
321	66,7	64,9				
322	58,4	59,7				
323	62,4	59,6				
324	63,9	62				
325	68,9	65,2				
326	67,7	59,2				
327	63,7	63,5				
328	67	63,3				
329	63,2	60,6				
330	59,8	61,1				
331	65	63,1				
332	66,9	66,8				
333	61,3	71,8				
334	65,7	61,8				
335	65,5	70,4				
336	68,4	59,4				
337	65	68,8				
338	64,8	64,3				
339	66,4	58,8				
340	61,2	69,5				
341	76,7	64,6				
342	64,2	71,6				
343	65,6	58,5				
344	65,7	64,5				
345	62,1	66				
346	56,2	70,7				
347	60,2	58				
348	64,3	61				
349	74,2	61,1				
350	62,8	57,9				
351	64,2	65,6				
352	68,3	68,4				
353	61,5	65,9				
354	65,4	65,8				
355	60,4	69,8				
356	66,7	61,4				
357	72,3	60,5				
358	57,9	68,7				
359	61,5	60,5				

	Bolinhas	Carcaças	Vianas	Pão Integral Grande	Pão Integral Pequeno	Baguete de Cereais
360	65,5	67,2				
361	75,4	63,4				
362	64,5	58,8				
363	74,9	61,3				
364	69,9	62,6				
365	71,5	68,5				
366	63,1	58,9				
367	62,7	66,2				
368	70,4	56,1				
369	67	66,1				
370	70,9	66,8				
371	68	62,1				
372	67,1	56,8				
373	63,2	66,1				
374	71,4	56,7				
375	65,6	56,4				
376	63,1	59,8				
377	66,4	65,3				
378	66,3	66,2				
379	64,5	64,8				
380	71,6	57				
381	59,3	61,4				
382	65,5	62,4				
383	60,2	62				
384	56,8	65,7				
385	69,4	63				
386	64	66				
387	69,2	60,1				
388	59,8	65,7				
389	70,7	62				
390	61,8	58,9				
391	77,1	64,6				
392	64,7	64,7				
393	62,5	59,1				
394	66	64,4				
395	65,7	67				
396	63,8	63,9				
397	65,2	58,9				
398	76,4	60				
399	69,1	59,3				
400	65,8	63,6				



Pesagens do pão da avó comprido

Amostra nº										
	1	2	3	4	5	6	7	8		
n	1	790,6	797	775,4	800	846,5	790,5	749,1	730,8	
	2	818,4	830,6	785,7	796,5	813,5	758,8	815,6	776,9	
	3	771,5	792,6	784,8	783,8	803,7	788,5	726	758,4	
	4	778,6	752,8	765,8	780,7	794	753,9	732,8	772	
	5	779,2	787,3	751,4	800,4	759,7	769,8	738,6	789,1	
	6	783,8	780,1	787,1	788,2	790,9	784,4	757,3	759,5	
	7	800,1	778	789,1	813,7	809,2	774,7	759,9	784,7	
	8	789,8	771,2	762,7	768,5	800,8	766,4	769,2	750,8	
	9	751	788,4	791,6	795,2	791,9	800,5	733,1	759,3	
	10	759	779	753,5	800,8	777,1	799,5	773	779,6	
Amostra nº										
	9	10	11	12	13	14	15	16		
n	1	802,6	778	792	816,6	706	759,4	779,2	792,3	
	2	783,2	768,3	780,2	857,3	800,5	798,6	766,3	796,3	
	3	788	783	759,6	774,9	797,6	816,9	768,5	776,6	
	4	767,9	754,5	793,1	807	804,5	792,9	750,9	761,6	
	5	807,7	801,2	802,7	795,3	791	815	800,9	786,5	
	6	811,8	816,2	808,1	820,1	807,4	796,5	778,3	765,5	
	7	763,6	819,5	816,5	813,5	781,8	775	741,5	774,6	
	8	808,2	778,5	800,7	798,4	790,4	803,6	747,1	751,9	
	9	785,8	763,4	772,5	780,8	775	794	765,3	771,7	
	10	803,2	791	788	810,3	783,3	800,1	737,3	769,6	
Amostra nº										
	17	18	19	20	21	22	23			
n	1	810	815,1	736	767,6	807,5	836,8	793,3		
	2	800,2	793,2	741,9	759,2	817,2	814,7	810,5		
	3	811,5	817,6	771,4	759,3	785,4	788,9	781,7		
	4	797,3	787,4	722,9	765,7	792,6	815,3	807,5		
	5	803,2	813	752,2	779,7	830,8	833,5	786,4		
	6	848,5	828,5	749,8	784,7	800,1	788,6	779,5		
	7	794,2	807,6	740,1	746,8	766	812,6	793,8		
	8	824,3	790,7	721,6	770,6	804,6	806,4	796		
	9	810,7	808,8	740,3	777,1	790,7	819,1	799,7		
	10	839,6	814,2	755,3	788,7	769,1	805,2	781		